

K  

---

T 382  
N9



НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

---

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А. Н., ВИЛЬЯМС В. Р., ВОЛЬФСОН М. Б., ГЕНДЛЕР Е. С.,  
ГУБКИН И. М., ДОЛГОВ А. Н., ИОФФЕ А. Ф., ИПАТЬЕВ В. Н.,  
КЕРЖЕНЦЕВ П. М., КРЖИЖКАНОВСКИЙ Г. М., КРИЦМАН Л. Н.,  
КУЗЬМИНСКИЙ К. С., КУЙБЫШЕВ В. В., ЛАПИРОВ-СКОБЛО  
М. Я., ЛЕНГНИК Ф. В., ЛИНДЕ В. В., МАРТЕНС Л. К.,  
МЕЩЕРЯКОВ Н. Л., ПИТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю.

ЭССЕН А. М.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
Л. К. МАРТЕНС

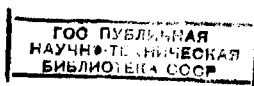
ср.  
ТОМ ДЕВЯТЫЙ  
ИЗОМЕРИЯ—КАТАПУЛЬТА



---

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ♦ ОГИЗ РСФСР ♦ 1931



95И 117  
59

К  
Т329

№9

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»



Редакционная работа по IX тому ТЭ закончена 1 декабря 1929 г.  
В августе 1931 г. выпущен дополнительный тираж  
в количестве 15 000 экз.

Адрес Редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.  
Адрес Конторы Издательства: Москва, Волонка, 14.

16-я типография УПП ОГИЗ, Москва, Трехпрудный пер., 9.  
Уполном. Главлита Б 2 463. Гиз. 34. Дополнит. тираж 15 000 экз.

## РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

### РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный Редактор—проф. **Л. К. Мартенс.**

Зам. Гл. Редактора—проф. <b>М. Б. Вольфсон.</b>		Зам. Пред. правления— <b>Л. И. Строггин.</b>
Пом. Гл. Редактора—инж. <b>Б. Э. Шпринк.</b>		Ученый Секретарь— <b>Н. П. Ракицкий.</b>

### НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ

Кандидат химии **Ельцина Н. М.**; инж. **Знаменский А. А.**; **Мельников И. И.**; инж. **Мущенко И. И.**; **Ракицкий Н. П.**; инж. **Шпринк Б. Э.**; инж. **Фрязиновский И. А.**; инж. **Эрвальд К. А.**; Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.**

Технический редактор: **Низаноров В. М.**

### ПРОИЗВОДСТВЕННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР

Зав. Пр.-Изд. Сект.: **Строггин Л. И.**; Зам. Зав. Пр.-Изд. Сект.: **Крейндель А. Д.**, **Маркус В. А.**;  
Зав. Иллюстр. Отд.: **Тавастерна В. Я.**; Зав. Худ.-Технич. Отд.: **Медведев П. П.**;  
Зав. Технической Редакцией при типографии: **Татяев Д. П.**; Технические редакторы:  
**Кондауровский Г. В.**, **Малкин А. Д.**; Зав. Корректорской: **Кулешов И. З.**

---

# СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

<b>I. Метрические меры.</b> км километры (1 000 м). м метры. дм дециметры (0,1 м). см сантиметры (0,01 м). мм миллиметры (0,001 м). μ микроны (0,001 мм). мм миллимикроны (0,001 μ). мкм микромикрон (0,000001 μ). км <sup>2</sup> квадратные километры. га гектары (квадратные гектометры). а ары (квадр. декаметры). м <sup>2</sup> квадратные метры. м <sup>3</sup> кубические метры. см <sup>3</sup> » дециметры. см <sup>3</sup> » сантиметры. мм <sup>3</sup> » миллиметры. т метрич. тонны (1 000 кг). ц центнеры (100 кг). кг килограммы (1 000 г). г граммы. дг дециграммы (0,1 г). сг сантиграммы (0,01 г). мг миллиграммы (0,001 г). мкг микрограммы (0,001 мг). к караты (200 мг). кл килолитры (1 000 л). ал гектолитры (100 л). дкал декалитры (10 л). л литры. дл децилитры (0,1 л). сл сантитры (0,01 л). мл миллилитры (0,001 л). тм тоннометры. км <sup>2</sup> килограммометры. т/м <sup>2</sup> тонны на кв. метр. кг/см <sup>2</sup> килограммы на кв. сантиметр. м/сек метры в секунду. н. м погонные метры. рег. т регистровые тонны.		ch гипербол. косинус. th » тангенс. ϕ диаметр. e основание натуральных логарифмов. lg логарифм десятичный. ln » натуральный. lim предел. Const постоянная величина. ∑ сумма. ∫ интеграл. ~ приближительно. ∞ бесконечность. ∞ <sup>0</sup> полный дифференциал. ∂ частный »	f, γ частота. ω угловая скорость, угловая частота. Ω боковая частота. λ длина волны. φ сдвиг фазы. L самоиндукция. C емкость. R сопротивление активное (ваттное). e диэлектрич. постоянная. μ магнитн. проницаемость. ρ удельное сопротивление. σ удельная проводимость. δ декремент затухания. Φ магнитный поток. H <sub>Br</sub> твердость по Бринеллю. A <sub>cr</sub> , A <sub>cr1</sub> , A <sub>cr2</sub> , A <sub>cr3</sub> критич. точки. A <sub>r1</sub> , A <sub>r2</sub> , A <sub>r3</sub> желез. сплавов. g ускорение силы тяжести. l длина. m масса. D <sub>t</sub> уд. вес при t <sub>1</sub> ; по отношению к воде при t <sub>2</sub> . [α]; [α] <sub>D</sub> угол вращения плоскости поляризации. C <sub>и</sub> ; [H <sup>+</sup> ] концентрация водородных ионов. pH; P <sub>H</sub> водородн. показатель. 1/2 N нормальный раствор.
<b>III. Международные символы.</b>			
а) Единицы. A ампер. Ah ампер-час. W ватт. Wh ватт-час. kW киловатт. kWh киловатт-час. V вольт. mV милливольт. VA вольт-ампер. kVA киловольт-ампер. mA миллиампер. Ω ом. MΩ мегом. μΩ микроом C кулон. VC вольт-кулон. H генри. J джоуль. F фарада. μF микрофарада. Å ангстрем. D дина. Cal калория большая. cal » малая. HP лошадиная сила. lm люмен. lx люкс. m мюрг.		б) Величины. t° температура обыкновен. T° » абсолютная. t° <sub>кип.</sub> температура кипения. t° <sub>пл.</sub> » плавления. t° <sub>заст.</sub> » застывания. t° <sub>отв.</sub> » отвердевания. t° <sub>крит.</sub> » критическая. atm атмосфера техническая. Atm барометрич. I сила тока. Q электр. заряд, количество электричества. E электродвижущая сила. V, U напряжение, потенциал. A работа. W энергия. N мощность. T период колебания.	
<b>II. Математич. обозначения.</b>			
° градус. ' минута, фут. " секунда, дюйм. ''' терция, линия. > больше (< меньше). ≥ не больше (< не меньше). ≈ больше или равно. ≤ меньше или равно. ≫ значительно больше. ≪ значительно меньше. ∠ угол, измеряемый дугой. ∥ параллельно. ⊥ перпендикулярно. ⊂ от—до. sin синус. tg тангенс. sec секанс. cos косинус. ctg котангенс. csc косеканс. arc arcsin арксинус. arc ctg арктангенс. sh гиперболический синус.			
долл., \$—доллары. мар.—марки. фн. ст., £—фунты стерлингов. фр.—франки. шилл.—шиллинги. млн.—миллионы. млрд.—миллиарды. ч.—часы. м., мин.—минуты. сек.—секунды. °Вé—градусы Бомера. °Э.—градусы Энглера. Градусы темпер. шкал: °K—Кельвина. °C, °Ц.—Цельсия (100°-й). °R.—Ремюра. °F.—Фаренгейта. t°—температура по 100°-ной шкале (C). t° R.—температура по Ремюру. t° F.—температура по Фаренгейту. абс. ед.—абсолютная единица. ат. в.—атомный вес.			

Aufl.—Auflage.  
 B.—Band, Bände.  
 v.—volume, volumes.  
 вкл.—включительно.  
 гг.—годы, города.  
 д.—деревня, долгота.  
 д. б.—должно быть.  
 ж. д.—железная дорога.  
 з.-европ.—западноевропейский.  
 з-д—завод.  
 изд.—издание.  
 ин-т—институт.  
 Jg.—Jahrgang.  
 кпд—коэффициент полезного действия.  
 к-рый—который.  
 к-та—кислота.  
 Lfg.—Lieferung.  
 м—мета (хим.).  
 м. б.—может быть.  
 м. г.—минувшего года.  
 меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.  
 мн-к—многоугольник.  
 мол. в.—молекулярный вес.  
 нек-рый—некоторый.  
 о—орто (хим.).  
 об-во—общество.

о-в—остров.  
 п—пара (хим.).  
 р.—pagina, paginae (лат.— страница, страницы).  
 пром-сть—промышленность.  
 проф.—профессор.  
 SK—эзеровские конуса.  
 С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.  
 с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.  
 стр.—страницы.  
 т.—том, томы.  
 t.—tome, tomes.  
 Т.—Teil, Teile.  
 тв.—твердость.  
 т-во—товарищество.  
 темп-ра—температура.  
 т. н.—так называемый.  
 тр-к—треугольник.  
 уд.—удельный.  
 уд. в.—удельный вес.  
 ур-не—уровнение.  
 У. П.—Урочное положение.  
 u. ff.—und folgende.  
 ф-ия—функция.  
 ф-ка—фабрика.  
 ф-ла—формула.  
 Н.—Heft, Hefte.

хим. сост.—химический состав.  
 ц. т.—центр тяжести.  
 Ztg.—Zeitung.  
 Ztrbl.—Zentralblatt.  
 Ztschr.—Zeitschrift.  
 ш.—широта.  
 эдс—электродвижущая сила.  
 эфф.—эффективный.  
 Ан. П.—английский патент.  
 Ам. П.—американский »  
 Г. П.—германский »  
 Р. П.—русский »  
 Сов. П.—советский »  
 Ф. П.—французский »  
 В.—Berlin.  
 Brschw.—Braunschweig.  
 L.—London.  
 Lpz.—Leipzig.  
 Mch.—München.  
 N. Y.—New York.  
 P.—Paris.  
 Stg.—Stuttgart.  
 W.—Wien.  
 Wash.—Washington.  
 Л.—Ленинград.  
 М.—Москва.  
 П.—Петроград.  
 СПб—Петербург.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ НАЗВАНИЙ РУССКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ, ОБЩЕСТВ, ФИРМ

- «АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.  
 БМЭ—Большая медицинская энциклопедия, Москва.  
 БСЭ—Большая советская энциклопедия, Москва.  
 «ВВ»—Военный вестник, Москва.  
 «ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.  
 «ВИ»—Вестник инженеров, Москва.  
 «ВС»—Вестник стандартизации, Москва.  
 «ВТ»—Вопросы труда, Москва.  
 «ГЖ»—Горный журнал, Москва.  
 «ГТ»—Гигиена труда, Москва.  
 «Ж»—Журнал Русского физико-химического об-ва, Ленинград.  
 «ЖРМО»—Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.  
 «ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.  
 «ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.  
 «ИТПТ»—Известия текстильной промышленности и торговли, Москва.  
 «МС»—Минеральное сырье, Москва.  
 «МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.  
 «НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.  
 «НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.  
 ОСТ—Общесоюзные стандарты, Москва.  
 «ПТ»—Промышленность и техника, СПб.  
 «ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.  
 «СГ»—Социальная гигиена, Москва.  
 «СП»—Строительная промышленность, Москва.  
 Спр. ТЭ—Справочник физических, химических и технологических величин, Москва.  
 «СТ»—Санитарная техника, Москва.  
 «СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.  
 «ГД»—Торфяное дело, Москва.  
 «ТнТБП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.  
 «Труды ГЭЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнич. ин-та, Москва.  
 «Труды НАМИ»—Труды Научного автомобильного института, Москва.  
 «Труды НИУ»—Труды Научного института по удобрениям, Москва.  
 «Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэродинамического ин-та, Москва.  
 ТЭ—Техническая энциклопедия, Москва.  
 «УФН»—Успехи физических наук, Москва.  
 «ХД»—Хлопковое дело, Москва.  
 «AAZ»—Allgemeine Automobil-Zeitung, Wien.  
 «A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.  
 AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.  
 AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.  
 «Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.  
 «Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Lpz.  
 «Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.

- «B»—Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
- BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, Dessau.
- BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
- BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
- «B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
- Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
- «Ch. Ind.»—Chemische Industrie, Berlin.
- «Ch.-Ztg.»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
- «Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
- «CR»—Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Paris.
- DIN—Deutsche Industrie-Normen.
- «Dingl.»—Dinglers polytechnisches Journal, Berlin.
- «EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
- «EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
- «EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
- «ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
- «GC»—Génie Civil, Paris.
- Handb. Ing.—Handbuch der Ingenieurwissenschaften, herausgegeben von L. Willmann, Th. Landsberg, E. Sonne, in 5 Teilen, 1910—25, Leipzig.
- «I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
- I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben-Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
- «JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
- «J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.
- «Lieb. Ann.»—Liebig's Annalen der Chemie, Berlin.
- «Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
- «MuM»—Wochenschrift für die gesamte Mülerei und Mühlenbau-Industrie, München.
- NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
- «PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
- «RGÉ»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.
- «Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
- «St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
- Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1 Auflage 1915—1923, 2 Auflage erscheint ab 1928.
- «WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
- «Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
- «Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
- «ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, München.

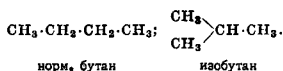
---

*В девятом томе ТЭ помещены 762 иллюстрации в тексте, одна карта (в красках) к статье «Каменный уголь» и четыре вкладки к статьям: «Изотопы»—1, «Испытание материалов»—1, «Ископаемые угли»—1, «Калийная сетка», «Канва» и «Каракуль»—1 (общая вкладка).*

**ИЗОМЕРИЯ**, явление, заключающееся в том, что несколько соединений с одинаковым мол. весом и тождественных по составу, т. е. отвечающих одной и той же эмпирич. ф-ле, обладают различными химич. и физич. свойствами; подобные соединения называются и з о м е р н ы м и или и з о м е р а м и. В области органич. химии явление И. встречается чрезвычайно часто и является главной причиной исключительного многообразия органич. соединений. В минеральной химии, наоборот, И. наблюдается только как редкое исключение.

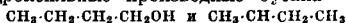
Явления И. находят объяснение в теории химич. строения. Согласно последней свойства индивидуальных соединений зависят не только от природы атомов, составляющих молекулу данного соединения, и от их числовых соотношений, но в значительной степени и от порядка распределения связей между этими атомами.

Порядок взаимного сцепления атомов в веществе (его строение, или структура) м. б. выражен посредством определенных условных обозначений, т. наз. структурных ф-л. С этой точки зрения изомерами называют такие соединения, к-рые при одной и той же эмпирич. формуле обладают различным строением. Так напр., соединение состава  $C_4H_{10}$ , бутан, может существовать в двух изомерных формах, к-рым соответствует строение:



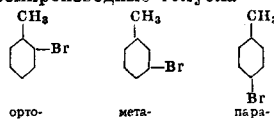
С возрастанием числа углеродных атомов увеличивается и число возможных изомеров: для пентана,  $C_5H_{12}$ , возможны три изомера, для гексана,  $C_6H_{14}$ , — пять, для гептана,  $C_7H_{16}$ , — девять, для октана,  $C_8H_{18}$ , — восемнадцать и т. д. Подобные изомерные соединения, отличающиеся друг от друга порядком распределения связей между углеродными атомами, составляющими цепи (или циклы в циклич. соединениях), характеризуются собою И. скелета. Для И. места или положения типичны те случаи, когда несколько соединений отличается друг от друга только положением заместителей (атомов или атомных группировок) при одинаковом строении углеродных цепей или циклов. При-

мером этого вида изомерии могут служить гидроксильные производные бутана



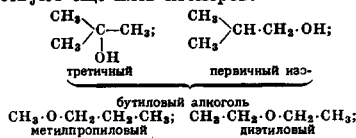
первичный норм. бутиловый спирт      вторичный норм. бутиловый спирт

или бромпроизводные толуола

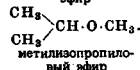


бромтолуол

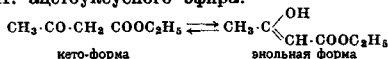
Возможность смешанной И. (скелета и положения) увеличивает число изомеров, еще более возрастающее при наличии в молекуле многовалентных элементов. Так, для соединений, отвечающих ф-ле  $C_4H_{10}O$ , кроме двух вышеприведенных бутиловых алкоholes существуют еще пять изомеров:



эфир



Эти виды И. связаны с существованием устойчивых необратимых изомерных соединений; превращение одного изомера в другой может происходить лишь в результате сложных химич. процессов и не всегда осуществимо. Вместе с этим существует особый тип динамической И., когда изомерные формы находятся в состоянии подвижного равновесия (см. *Таутомерия*). Примером этого вида И. является например кето-энольная И. ацетоуксусного эфира:



Причиной И. может служить не только различие в порядке сцепления атомов, со-



ставляющих данную молекулу, но и некоторые различия в пространственном расположении этих атомов относительно друг друга. Это различное распределение атомов в пространстве — или, как говорят, различная конфигурация — обуславливает существование особого вида. И. — стереоизомерии (см. *Стереохимия*).

Лит.: Чичибабин А. Основные начала органической химии. М.—Л., 1925; Meyer В. u. J. a. s. o в о n P., Lehrbuch d. organischen Chemie. В. 1.—2, В.—Лр., 1922—24. С. Медведев.

**ИЗОМОРФИЗМ**, явление, заключающееся в том, что разные твердые кристаллические вещества неодинакового (но в известной степени аналогичного) химич. состава кристаллизуются в одинаковой кристаллографич. системе и в одинаковом кристаллографич. классе. И. был установлен впервые Митчерlichem (в 1820 г.) на примере фосфорнокислых и мышьяковокислых солей. Близкая кристаллич. структура изоморфных соединений находит себе выражение в том факте, что кристаллы одного из изоморфных друг другу веществ, будучи погружены в насыщенный раствор другого изоморфного вещества, могут обраться с поверхности слою этого вещества, а также и в том, что изоморфные друг другу вещества могут выкристаллизовываться из смешанного раствора в виде общих кристаллов; такие кристаллы содержат оба вещества в непостоянном количественном отношении, зависящем от количественного соотношения изоморфных веществ в растворе.

KMnO<sub>4</sub> и KClO<sub>4</sub> выкристаллизовываются из раствора обоих веществ в виде общих кристаллов ромбической системы. Сернохлористые соли многих двувалентных металлов кристаллизуются с 7 частицами кристаллизационной воды в виде смешанных кристаллов и образуют, как говорят, изоморфный ряд: купоросов: ZnSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O; NiSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O; MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O и т. д. То обстоятельство, что изоморфные вещества выкристаллизовываются в виде общих кристаллов смешанного состава, несомненно свидетельствует о какой-то общности в химизме их строения, и в изоморфные ряды б. ч. попадают элементы, близкие по свойствам, хотя иногда в одинаковые изоморфные ряды приходится отнести, казалось бы, и совсем несходные друг с другом элементы.

Как показал Гримм, И. находится в следующей зависимости от атомных радиусов элементов в состоянии их ионов. 1) При одинаковом строении ионов условия И. определяются последовательностью в величинах радиусов ионов. Эта разница уменьшается в таблице слева направо по мере возрастания величины положительной валентности. Вместе с этим уменьшается и влияние этой разницы на условия И. 2) Различие в строении ионов гелиевой и неоновой конфигурации очевидно обуславливает отсутствие И. соответственных элементов. 3) Сущность «химич. сходства» или «химич. родства» элементов изоморфных рядов состоит у ионов с одинаковой наружной электронной оболочкой

Смесимость изоморфных соединений элементов (по Вульффу).

Строение атомов типа	Заряд-валентность									Примечания
	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	
He . . . . .	—	—	Li	Be	B	C	N	—	—	Эти элементы или вовсе не замещают стоящих под ними или же замещают при высокой t°, при усложнении значений валентности или в крупных молекулах
Ne . . . . .	O	F	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
Ar . . . . .	S	Cl	Rb	Ca	Se	Ti	V	Cr	Mn	Стоящие друг под другом элементы принадлежат к изоморфным рядам
Kr . . . . .	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	—	
Xe . . . . .	Fe	J	Cs	Ba	La	Ce	Ta	W	—	Стоящие друг под другом элементы представляют конечные члены изоморфных рядов
Ar . . . . .	S	Cl	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	—	
Xe . . . . .	Fe	J	Cs	Ba	La	Ce	Ta	W	—	

Пояснение знаков: = смесимость не установлена; — смесимость лишь при высокой темп-ре; ... установлены следы смесимости; [ ] установлена полная смесимость или разрыв в смесимости неизвестен; : смесимость значительная, есть разрыв в смесимости; : смесимость мала, с большими разрывами; отсутствие знаков указывает на отсутствие данных в литературе.

Изоморфизм — явление, весьма распространенное в химии земной коры; многие минералы представляют изоморфные смеси и (см. *Твердые растворы*) аналогичных по химическ. строению соединений различных элементов. Величина кристаллографич. констант кристаллов таких изоморфных смесей (например величина углов граней) имеет значение промежуточное по сравнению с величинами соответствующих констант отдельных входящих в изоморфную смесь соединений и колеблется в зависимости от того, какой из их ингредиентов содержится в смеси в большем количестве. Так например,

в близости ионных радиусов. Согласно последованию Реттера изоморфные вещества смешиваются без изменения объема, т. е. объем изоморфной смеси равен сумме объемов смешиваемых кристаллов:  $v = v_1 + v_2$ . Если обозначить через  $s_1$  и  $s_2$  удельные объемы изоморфной смеси и ее компонентов, а через  $P$  и  $(100 - P)$  %-ное содержание ингредиентов, то

$$s = s_1 + \frac{P}{100}(s_2 - s_1).$$

Приняв за  $d_1$ ,  $d_2$  и  $d_3$  — уд. в. смеси и ее составных частей, получим для изоморфной смеси:

$$d(v_1 + v_2) = d_1 v_1 + d_2 v_2;$$

а так как  $v_1 + v_2 = 100$ , то получаем

$$d = d_1 + \frac{v_2}{100}(d_2 - d_1).$$

Это уравнение Ретгера определяет линейную зависимость между удельным весом и объемным составом смеси.

Ниже приведены примеры некоторых изоморфных друг другу минералов.

Известков. шпат $\text{CaCO}_3$	Апатит $\text{Ca}_5\text{P}_3\text{O}_{19}\text{Cl}$
Магнезит $\text{MgCO}_3$	Пироморфит $\text{Pb}_3\text{P}_2\text{O}_{13}\text{Cl}$
Горный шпат (Ca, Mg) $\text{CO}_3$	Миметазит $\text{Pb}_6\text{As}_2\text{O}_{13}\text{Cl}$
Железный шпат $\text{FeCO}_3$	Кампшит $\text{Pb}_3(\text{As}, \text{P})_2\text{O}_{13}\text{Cl}$
Марганцовый шпат	Гейфурд $\text{Pb}_3\text{Sb}_2(\text{As}, \text{P})_2\text{O}_{13}\text{Cl}$
$\text{MnCO}_3$	Эпидимит $\text{Pb}_3(\text{As}, \text{V})_2\text{O}_{13}\text{Cl}$
Цинковый шпат $\text{ZnCO}_3$	Ванадинит $\text{Pb}_3\text{V}_2\text{O}_{13}\text{Cl}$
Витерит $\text{BaCO}_3$	Тяжелый шпат $\text{BaSO}_4$
Стронцианит $\text{SrCO}_3$	Целестит $\text{SrSO}_4$
Арагонит $\text{CaCO}_3$	Ангидрит $\text{CaSO}_4$
Белая свицовая руда $\text{PbSO}_3$	Свинцовый купорос $\text{PbSO}_4$

В приведенной выше таблице сопоставлены взаимоотношения химических элементов с точки зрения строения их атомов и способности образовывать изоморфные ряды.

Исследование изоморфных смесей при помощи рентгеновских лучей доказало, что кристаллы изоморфных смесей совершенно однородны и отдельные сходные атомы изоморфных соединений занимают вполне закономерное положение в общей структуре кристаллич. решеткой.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, 9 издание, т. 1—2, Москва—Ленинград, 1927—28; Верадский В. И., Минералогия, вып. 1, Петербург, 1910. Б. Беренштейн.

**ИЗОПЕРИМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ**, задача вариационного исчисления (см.), общая формулировка к-рых следующая: среди всех кривых  $y = f(x)$ , проходящих через точки

$(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ , для к-рых  $\int_{x_0}^{x_1} \Phi(x, y, y') dx = l$

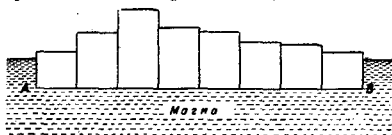
( $\Phi$ —данная ф-ия и  $l$ —данное число), найти

такую, для к-рой  $\int_{x_0}^{x_1} F(x, y, y') dx$  имеет экстремум ( $F$ —данная функция). Простейшая И. з. состоит в следующем: найти из всех кривых данной длины такую, которая ограничивает наибольшую площадь. Этой кривой оказывается окружность. Данная задача м. б. решена методом вариационного исчисления и элементарными методами.

**ИЗОСТАЗИЯ**, геофизич. теория строения земной коры, возникшая для объяснения отклонений отвеса и аномалий силы тяжести, наблюдаемых при геофиз. измерениях. Теория И. сводится к тому, что масса вещества во всех вертикальных столбах одинакового сечения, вырезанных в земной коре,—величина постоянная. Поэтому давление на нижнюю поверхность  $AB$  (фиг. 1) во всех столбах одинаково, и каждый отдельный столбец находится в состоянии равновесия. Принимается, что плотность вещества в пределах одного столба одинакова во всех его точках и обратно пропорциональна общей высоте данного столба. Вследствие этого плотность земной коры под горами меньше, чем под низкими местами и в особенности—чем под дном океанов. Иными словами, видимые массы гор компенсируются соответствующим недостатком масс (из-за уменьшения плотности) в лежащих под горами частях земной

коры. Этим объясняется, почему наблюдаемые отклонения отвеса, а также аномалии силы тяжести обычно бывают гораздо меньше, чем следовало бы ожидать на основании видимых возмущающих масс, возмущающихся над уровнем моря.

Ниже поверхности  $AB$ , называемой поверхностью И. (т. е. равного давления), расположены правильные, невзмущенные слои, находящиеся в пластическом состоянии (м а г м а). Отдельные участки земной коры можно рассматривать как плавающие на магме, причем каждый столбец вытесняет, по закону Архимеда, равное ему по весу количество магмы. Плотность  $\delta$  столбцов определяется формулой  $\delta(T+h) = \text{Const}$ , где  $T$ —глубина поверхности И. и  $h$ —высота верхней поверхности столба (физич. поверхность земли) над уровнем моря. Для точки земной коры под океаном величину  $h$  надо брать отрицательной и равной глубине океана.



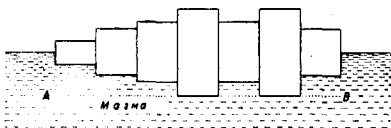
Фиг. 1.

В этом случае нужно в левой части формулы прибавить давление столба воды, равное  $1,03 h$ , где числовой коэффициент есть плотность морской воды.

Для вычисления влияния изостатически построенной земной коры на направление отвеса или силу тяжести всю земную поверхность разбивают на ряд концентрич. колец постепенно возрастающей ширины, имеющих центр в исследуемой точке (в работах Гейфорда число таких колец равно 33). Каждое кольцо подразделяется радиусами еще на ряд секторов (до 28). По топографич. карте определяют среднюю высоту  $h$  каждого кольцевого сектора и, задаваясь некоторой глубиной  $T$  поверхности И., рассчитывают по данной ф-ле плотность соответствующих столбцов. Затем вычисляют притяжение каждого столба за данную точку, причем горизонтальная слагающая дает отклонение отвеса, а вертикальная—влияние на силу тяжести. Суммируя притяжение всех столбцов, получают т. н. изостатическую р е д у к ц и ю. Для облегчения вычислений служат специальные таблицы (Гейфорда, Бови, Мейснера). Глубину  $T$  путем проб подбирают таким образом, чтобы дать наилучшее согласие между наблюдаемыми отклонениями отвеса или аномалиями силы тяжести и вычисленными.

Наряду с изложенной теорией, называемой теорией Прагга, существует другая гипотеза, предложенная Эри (Airy). По Эри, земная кора имеет всюду одинаковую плотность (обычно принимается 2,67), меньшую плотности магмы, на которой кора плавает. Каждый отдельный столбец коры тоже находится в состоянии равновесия, погружаясь в магму на глубину, пропорциональную его общей высоте. Под высокими горами глубина эта больше, чем под дном морей (фиг. 2).

С геохимич. стороны такая схема объясняется различием состава коры и магмы: первая состоит преимущественно из саля (Si, Al), а вторая — из симы (Si, Mg), большей плотности. И в теории Эри можно говорить про некоторую поверхность равного давления: это



Фиг. 2.

поверхность АВ (фиг. 2), проведенная под наиболее глубокими частями земной коры.

Теория И. получила наиболее широкое применение при обработке геодезич. измерений в Америке. Гейфорд нашел, что наилучшее согласование между наблюдаемыми и вычисленными отклонениями отвеса и аномалиями силы тяжести получается при  $T = 122$  км (позже он получил глубину в 102 км), причем остающиеся отклонения отвеса уменьшились в 10 раз по сравнению с первоначальной величиной, выведенной без изостатич. редукции. Бови обработал многочисленные определения силы тяжести, также найдя значительное уменьшение аномалий. Наилучшим значением  $T$  он считает 96 км. Большая работа проделана финским геодезистом Гейсканеном, обработавшим определения силы тяжести с точки зрения обеих гипотез. Он нашел, что гипотеза Эри дает несколько лучшие результаты, чем гипотеза Пратта.

В настоящее время не приходится сомневаться в том, что теория И. в значительной степени соответствует действительному строению земной коры. Отдельные части коры могут и не быть изостатически компенсированными, и даже достигнутое полное равновесие неминуемо должно нарушаться перемещением масс на земной поверхности, связанным с явлением эрозии, вулканизма и т.п. Отсюда возникает вопрос, каковы по своим размерам те участки земной коры, которые могут оставаться некомпенсированными, будучи поддерживаемы не столько уравновешивающим их снизу давлением магмы, сколько сплещением с соседними частями коры. Этот вопрос имеет большое теоретическое, а также и практическое значение, т. к. восстановление отсутствующего или нарушенного равновесия достигается путем перемещений частей земной коры, вызывающих колебания уровня земной поверхности и сейсмич. явления. Значение теории И. в геодезии также велико, так как теория эта позволяет наиболее полным образом учитывать отклонения отвеса и аномалии силы тяжести и тем самым определять элементы земного сфероида в меньшей зависимости от местных влияний. Элементы международного сфероида Гейфорда определены именно таким образом.

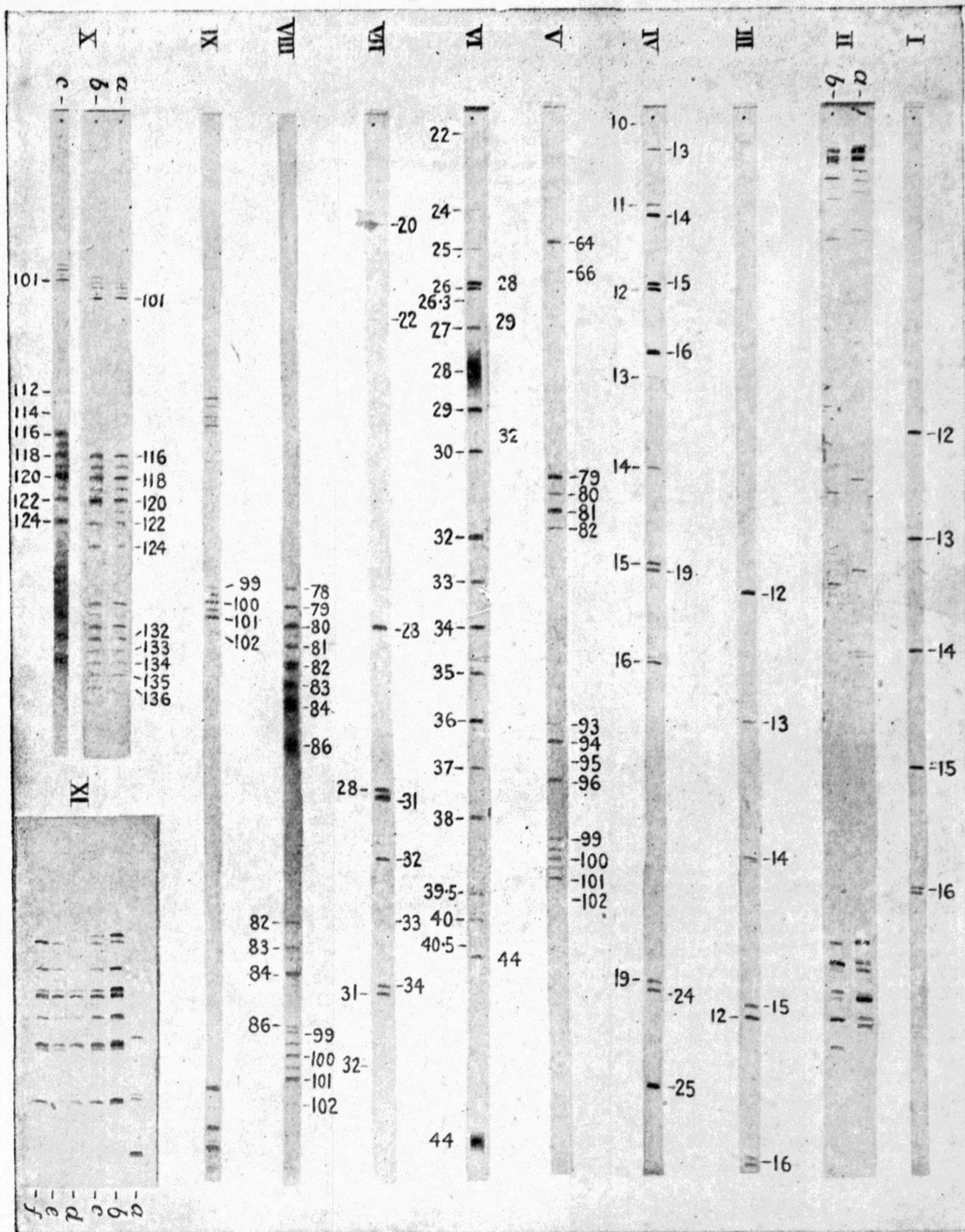
Лит.: П р е й А., Теория изостазии, ее развитие и результаты, «Успехи физических наук», М., 1926, т. 6; Р е й т е р Г., Les raisons géodésiques de l'isostasie terrestre, «Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1926», Paris, 1926; Bowie W.,

Isostasy, New York, 1927; Bowie W., Investigation of Gravity a. Isostasy, Wash., 1917; Hayford J., The Figure of the Earth and Isostasy from the Measurements in the United States, Wash., 1909; Hayford J. a. Bowie W., The Effect of Topography a. Isostatic Compensation upon the Intensity of Gravity, Wash., 1912; H e i s k a n e n W., Untersuchungen über Schwere u. Isostasie, «Veröffentlichungen d. Finn. Geodäs. Inst.», Helsinki, 1924, 4; Jeffreys H., The Earth, Cambridge, 2 edition, 1929; Meissner O., Tabellen zur isostatischen Reduktion der Schwerkraft, «Astronomische Nachrichten», Kiel, 1928, B. 206, p. 25—44. А. Михайлов.

**ИЗОТЕРМА**, линия равной или постоянной  $t^{\circ}$ , графически изображающая зависимость между величинами, характеризующими состояние какого-нибудь тела или системы тел при условии постоянства  $t^{\circ}$ . Пример И.—кривая, выражающая зависимость между давлением и объемом газа при постоянном  $t^{\circ}$  (см. Газ). Вообще, если состояние системы изображается точкой, причем координатами точки являются параметры, определяющие состояние, то И. называется линия, соединяющая точки равной  $t^{\circ}$ .

И. в геофизике. Строят И. аналогично изобарам (см.). Изотермы и их изменения во времени позволили обнаружить важнейшие особенности распределения  $t^{\circ}$  воздуха, влияние на климат данной местности океанов, морских течений, континентальных массивов, различных видов ландшафта, а также  $t^{\circ}$ -ные условия различных частей барич. систем. Этим же методом проведения изотерм изучается географич. распределение и других геофизич. элементов (см. Земной магнетизм). Однако впервые подобный способ исследования был применен для  $t^{\circ}$  воздуха.

**ИЗОТОПЫ**, химич. элементы с различными ат. весами, но расположенные в одной и той же клетке периодич. системы Менделеева (*isos* *τόπος*—то же самое место). Химические и большинство физич. свойств И. почти тождественны. В современном учении о строении атомов понятие И. характеризуется тем, что массы центральных положительных ядер у них различны, в то время как заряды этих ядер, а следовательно и число внеядерных электронов (атомный, или порядковый, №), одинаковы. Химические свойства атомов определяются числом и расположением внешних электронов; поэтому у И. эти свойства совпадают; наоборот, свойства, зависящие от строения атомного ядра, именно—радиоактивные свойства, глубоко различны у разных И. Тонкие детали спектров также определяются ядерными массами и поэтому неодинаковы у разных И. Понятие об И. введено в науку Ф. Содди на основании данных, полученных при исследовании радиоактивных элементов. Корпускулярные излучения радиоактивных тел приводят к следующим правилам изменения положения соответствующих атомов в периодич. системе: 1) при излучении  $\alpha$ -частицы, атомного ядра гелия с двумя положительными зарядами (см. Атомная теория), остающийся элемент уменьшается по ат. весу на 4 единицы и по валентности отстывает в периодич. системе на два столбца назад; 2) при излучении  $\beta$ -луча (электрона) в остающемся элементе ат. в. практически не изменяется, но по валентности элемент перемещается в периодич. системе на одно место вперед. Вследствие таких прерывных изменений и становится воз-



Массовые спектры Астона. I. Простой спектр группы  $C_1$ , виден дублет кислорода и метана. II. Двойные спектры: сравнение линий Br. III. Двойной спектр: сравнение  $CH_3$  и C при напряжениях 280 и 352 V, дублет O и  $CH_4$  виден в самом низу. IV. Двойной спектр: сравнение F и  $C_2$  при напряжениях 280 и 352 V, заметна также линия  $Bt^1$ . V. Простой спектр  $CH_3Br$ : видны по две линии, соответствующие Br, HBr,  $CH_2Br$  и  $CH_3Br$ ; ниже—второй порядок группы Hg. VI. Двойной спектр: сравнение  $Br^{81}$  с  $CO_2$  при напряжении 300 и 324 V. В спектре, снятом при 324 V, видна очень слабая линия трехвалентного Br при 26,3. В спектре имеются линии серы, хлора и пр., и он служит прекрасной иллюстрацией равномерного распределения линий, отличающихся на единицу по массе. VII. Двойной спектр: видны линии R и его водородных соединений между линиями R и CO. VIII. Двойной спектр: сравнение  $Kr^{86}$  с  $Hg^{198}$ . Линии криптона видны ближе к середине. IX. Спектр, показывающий весьма ясно линии второго порядка группы Hg. X. Спектры a и b показывают равномерное распределение линий монометил-олова и ксенона, c—показывает одиннадцать изотопов олова. XI. Шесть двойных спектров: а)  $Kr^{86} : CO_2$ ; б)  $Kr^{78} : Kr^{80}$  и  $Kr^{80} : Kr^{82}$ ; в)  $Kr^{80} : Kr^{82}$  и  $Kr^{82} : Kr^{84}$ ; д)  $Kr^{82} : Kr^{84}$ ; е)  $Kr^{84} : Kr^{86}$ ; ф) после добавления бромистого метилена,  $Br^{79} : Br^{81}$ .

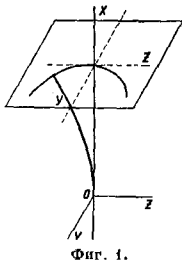
можным тот факт, что в одной и той же клетке системы элементов оказываются расположенными несколько различных атомов с разными ат. весами, но с одинаковым числом внешних электронов; эти атомы и будут И. В табл. 1 приведен пример группы радиоактивных И., имеющих общий ат. номер 84.

Табл. 1.—Радиоактивные изотопы с общим атомным номером 84.

Изотопы	Прибл. ат. в.	Период полураспада
Полоний . . . . .	210	140 дн.
Радий-А . . . . .	218	3,0 мин.
Торий-А . . . . .	216	0,14 сек.
Актиний-А . . . . .	214	$2 \cdot 10^{-8}$ сек.
Радий-С' . . . . .	214	$10^{-6}$ сек.
Торий-С' . . . . .	212	$10^{-11}$ сек.
Актиний-С' . . . . .	210	$5 \cdot 10^{-8}$ сек.

Элементы этой группы не разделяемы химич. путем, но, как видно, необычайно различны по своим радиоактивным свойствам. Тщательно исследована изотопич. группа свинца (ат. номер 82); к этой группе относится по крайней мере 10 представителей с интервалом значения ат. в. от 201 до 214. Прямые измерения ат. в. свинца различного происхождения (из разных радиоактивных минералов) обнаружили вполне заметные вариации ат. в. По Ричардсу, ат. в. обыкновенного свинца равен 207,19, свинца из австралийского карнитита—206,34, из урановых руд—206,08. Содди высказал предположение, что и другие, нерадиоактивные элементы во многих случаях являются смесью различных И., чем и объясняется отклонение ат. в. от целых чисел. Предположение Содди вполне подтвердилось в замечательных исследованиях Астона, произведенных им с массовым спектрографом (см.).

Метод и прибор Астона для исследования И. явились развитием метода химич. анализа при помощи положительных, или т. н. каналовых, лучей (см. *Лучи кортискулярные*), предложенного и осуществленного Дж. Дж. Томсоном. Частица, летящая в пучке каналовых лучей, является положительным ионом с определенным зарядом  $e$ , массой  $m$  и скоростью  $v$ . Подвергая эту частицу одновременному действию параллельно направленных магнитного и электрического полей, можно заставить каналовый луч отклониться, причем величина отклонения будет зависеть от отношения  $\frac{e}{m}$  и скорости  $v$ . Лучи

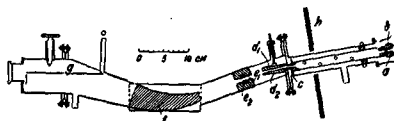


Фиг. 1.

с одним и тем же значением  $\frac{e}{m}$ , но различными  $v$ , развернутся на поверхность (фиг. 1), оставляющую при пересечении с какой-нибудь плоскостью  $YZ$  (напр. фотографич. пластинкой или фосфоресцирующим экраном), перпендикулярной к первоначальному направлению луча  $OX$ , параболический след. Изменение направления поля  $OY$  на проти-

вположное вызовет поворот параболы. Разные точки параболы соответствуют разным скоростям. Для других значений  $\frac{e}{m}$  парабола иная, но с той же вершиной. Таким образом частицы с разными массами и одинаковыми зарядами дадут разные параболы, положение и форма которых и дают средство определения  $m$ .

Еще в 1912 г., до работ Содди, Томсон обнаружил указанным методом для каналовых лучей неона две параболы, соответствующие ат. в. 20 и 22, что заставило предположить существование нового элемента с ат. в. 22. Для изучения этого обстоятельства Астон построил массовый спектрограф, в котором метод Томсона был усовершенствован в различных направлениях. Соответственно расположенная магнитная и электрич. поля, Астон достиг своего рода «ахроматизации» пучка каналовых лучей, заставив их при одном и том же  $\frac{e}{m}$  сходиться в одной «точке» независимо от различных скоростей  $v$ . Комбинация магнитного и электрич. полей в приборе



Фиг. 2.

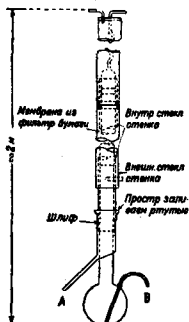
Астона действует подобно ахроматич. призм. отклоняющей световой луч, но не различающей его на цвета; угол отклонения луча определяется лишь отношением  $\frac{e}{m}$ . На фиг. 2 дана схема последней модели прибора. Разряд происходит в цилиндрическом или шаровом сосуде, не изображенном на схеме. Через щель, или канал,  $a$  в катоде  $b$  каналовые лучи попадают во вторую щель  $c$  (обе щели шириной около 0,02 мм). В несколько искривленном пространстве между пластинами  $d_1, d_2$  лучи подвергаются действию электростатич. поля, проходя диафрагму  $e_1, e_2$ , и затем попадают в область сильного магнитного поля  $f$ , образуемого мощным электромагнитом с полюсами, имеющими сечение, изображенное заштрихованной площадью. Лучи фокусируются на фотографич. пластинке  $g$ . Железные экраны  $k$  служат для защиты от магнитного поля. На вкледном листе воспроизведены массовые спектры Астона, полученные с новой моделью спектрографа. Каждой линии соответствуют каналовые частицы определенной массы, значения которой написаны сбоку (причем масса атома кислорода считается равной 16). В спектре I виден дублет, соответствующий кислороду и металлу (16), в спектре X, с видны линии 11 И. олова и т. д. Разрешающая способность нового прибора такова, что массы, различающиеся примерно на  $\frac{1}{100}$ , дают отдельные, не сливающиеся линии, а точность определения положения линий составляет около 0,1%. При помощи массового спектрографа прежней и новой конструкции Астон обнаружил большое число И. для разных элементов (см. вкледной лист). В табл. 2 приве-

дены в виде примера новые данные Астона (1927 г.) для четырех элементов.

Табл. 2.—Данные Астона для серы, олова, ксенона и ртути.

Элемент	Ат. число	Ат. вес	Миним. число изотопов	Массовые числа изотопов в порядке их интенсивности
S . . .	16	32,06	3	32, 33, 34
Sn . . .	50	118,70	11	120, 118, 116, 134, 119, 117, 122, 121, 112, 114, 115
Xe . . .	54	130,3	9	129, 132, 131, 134, 136, 128, 130, 126, 124
Hg . . .	80	200,6	8	202, 200, 199, 198, 201, 204

Наличие И. у многих элементов, к-рые являются т. о. смесью атомов с разными массами, объясняет отклонения средних ат. весов от целых чисел. Есть однако и другой источник этих отклонений, менее значительный, но принципиально не менее важный. Если ат. в. О принять равным 16, то ат. в. Н окажется равным 1,00778, ат. в. Ne—4,002; у Н нет И., и следовало бы ожидать, что вес Ne д. б. равен учетверенному Н, т. е. 4,03. Разница 4,03—4,00 соответствует, по Ланжевону, убыли массы при образовании ядра гелия из 4 протонов, т. е. из 4 водородных ядер. Эта убыль, как предполагается, эквивалентна радиации, сопровождающей процесс образования He; она определяет огромную устойчивость ядер He, вылетающих при радиоактивном распаде в виде  $\alpha$ -частиц. Новые измерения Астона позволили установить, что ат. веса изотопов большинства элементов, даже в том случае, когда эти отдельные И., составляющие какой-нибудь один элемент, отделены друг от друга, также не выражаются целыми числами. В табл. 3 приведена величина  $\frac{d}{m}$  убыли массы на каждый протон, входящий в состав ядра данного атома, где  $d$ —отклонение действительного ат. веса от массового числа  $m$  (числа протонов, входящих в состав атома). В этой



Фиг. 3.

таблице (в отличие от установленного в последнее время в химии правила) ат. вес Н конечно принимается равным точно 1,000, поэтому  $\frac{d}{m}$  для него равно точно нулю. Числа, стоящие в скобках около обозначений атомов, указывают атомное массовое число  $m$ . Из таблицы видно, что  $\frac{d}{m}$  имеет максимум в области изотопов криптона и затем начинает убывать. Возможно, что это уменьшение  $\frac{d}{m}$ —первый признак повышающейся неустойчивости ядер тяжелых элементов,

Табл. 3.—Значения величины  $\frac{d}{m}$ .

Атом . . .	H	He	Li(6)	Li(7)	B(10)
$\frac{d}{m} \cdot 10^4$ . . .	0	72	58	61	64
Атом . . .	B(11)	C	N	O	F
$\frac{d}{m} \cdot 10^4$ . . .	68	75	72	78	78
Атом . . .	Ne(20)	Ne(22)	P	Cl(35)	A(36)
$\frac{d}{m} \cdot 10^4$ . . .	78	75	83	82	84
Атом . . .	Cl(37)	A(40)	As	Kr(78)	Kr(79)
$\frac{d}{m} \cdot 10^4$ . . .	83	85	86	87	87
Атом . . .	Kr(80)	Kr(81)	Kr(82)	Kr(83)	Kr(84)
$\frac{d}{m} \cdot 10^4$ . . .	87	86	87	87	86
Атом . . .	Kr(86)	J	Sr(120)	Xe(134)	Hg(200)
$\frac{d}{m} \cdot 10^4$ . . .	86	83	85	83	79

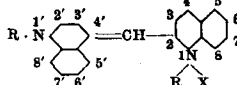
которая резко проявляется в радиоактивных явлениях.

Массовый спектрограф Астона, разделяя И., не дает однако возможности изолировать их в количествах, достаточных для изучения их физических свойств. Принципиально возможно, пользуясь различием атомных масс у И., разделить их в газообразном состоянии путем фракционированной диффузии и фракционированного испарения или путем комбинации обоих указанных методов. На фиг. 3 изображен аппарат Гаркинса для разделения И. ртути комбинационным испарением и диффузией. Испаряющаяся ртуть диффундирует через мембрану из фильтровальной бумаги. При многократном повторении этого процесса Гаркинсу и Мортимеру удалось получить фракции ртути, ат. веса которых отличались с 0,02 единицы.

Лит.: Астон Ф. В., Изотопы, пер. с англ., М.—П., 1923; M-me Pierre Curie, L'isotope et les éléments isotopes, P., 1924; Aston F. W., A New Mass-Spectrograph and the Whole Number Rule, Proc. of the Royal Society of London, London, 1927, series A, v. 115, p. 487; Harkins W. a. Mottish et B., The Separation of Isotopes a. Further Separation of Mercury by Evaporative-Diffusion, Philos. Magazine a. Journ. of Science, L., 1928, v. 6, p. 601, 1928; Discussion on the Structure of Atomic Nuclei, Proc. of the Royal Society of London, L., 1929, series A, v. 123, p. 373.

С. Вавилов.

**ИЗОЦИАНИНЫ**, красящие вещества, обладающие весьма незначительной прочностью к свету, но немалыми по своей сенсбилизирующей способности. По своему строению И. являются производными хинолина и имеют в основе нижеследующий скелет:



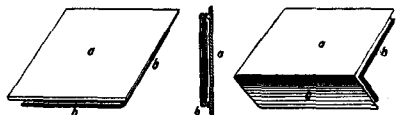
где R—радикал жирного ряда, X—остаток

кислоты. И. получаются при действии щелочей на производные хинолинакхидолидов аналогично изомерным с ними цианинам [1, 2]. Строение И. установлено работами Милса и др. [3]. В качестве сенсбилизатора И. нашли применение в фотографич. деле, где были испытаны впервые А. Мите [4]. Наиболее простой И. — этиловый красный, открытый в 1883 г. Шпалтенгольцем [5], представляет собой 1,1'-диэтил-И. Наибольшее применение имеет 1,1', 6'-триметил-И., выпускаемый в продажу под названием пинавердолъ. Изоцианины — весьма дорогие красящие вещества, и в настоящее время 1 г пинавердола стоит 25—30 р.

Лит.: 1) Hewitt J. T., Synthetic Colouring Matters: Dyestuffs. Derived from Pyridine, Quinoline, Acridine a. Xanthene, London, 1922; 2) Fierz-David H. E., Künstliche organ. Farbstoffe, B., 1926; 3) Soc., 1920, v. 117, p. 579, 1935; 4) «B», 1904, V. 37, p. 2042; 5) ibid., V. 16, p. 1847.

И. Иoffe.

**ИЗРАЗЦЫ**, облицовочный материал для комнатных печей; И. состоит из пластины *a* и румпа *b* (фиг. 1). Поверхность пластины, противоположная румпу (т. е. при заделке наружная сторона), почти всегда покрывается глазурью и делается либо совершенно



Фиг. 1.

Фиг. 2.

гладкой либо с рельефными украшениями. Румп, находящийся на задней стороне И., представляет собой четырехугольное кольцо с округленными углами и служит для примазывания И. к кладке печи, причем внутренность румпа заполняется кирпичным щебнем с раствором. Кроме обыкновенного И., изображенного на фиг. 1, вырабатывают еще угловые И. (фиг. 2), а также карнизные. И. должны прежде всего выдерживать без повреждений и вообще существенных изменений быстрое нагревание печи. Для изготовления И. могут служить любые пластичные, дающие не слишком сильную усадку при обжиге, глины. Натуральный цвет глины для приготовления И. роли не играет, т. к. обыкновенно наружная поверхность И. покрывается белой или окрашенной, но не просвечивающей, глазурью или же ангобом (см. цв.), покрытым в свою очередь прозрачным свинцово-глазурью. В отношении состава изразцовых глин следует отметить существенное влияние на качество приготовляемых изразцов содержания в них углекислой извести. Опыт показал, что для изразцовых масс допускается в среднем содержание 25—30% углекислой извести. Обыкновенно в качестве сырья для И. используются природными мергелями, и для получения изразцовых масс надлежащих качеств смешивают между собою различные глины и мергели. В случае недостатка углекислой извести в глине последняя м. б. обогащена углекислой известью добавкой к ней природного известняка или мела. Крупнозернистые песчаные примеси в глинах вредны для изготовления И. и поэтому д. б. удалены путем отмучи-

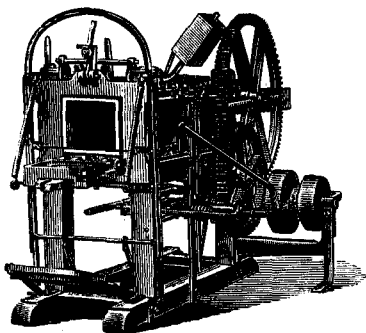
вания. Однако к отмучиванию изразцовых глин прибегают только в самых крайних случаях, так как эта операция существенно удорожает производство И. Более применимы технически и более выгоден прием пропуска глины с крупнозернистыми примесями через бегуны или валцы, где эти примеси измельчаются и одновременно тесно смешиваются с глиной. Примерный состав изразцовой глины следующий: 47,86%  $\text{SiO}_2$ ; 11,90%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 5,18%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 25,40%  $\text{CaCO}_3$ ; 1,71%  $\text{MgO}$ ; 3,66% щелочи; 4,64% воды.

Подготовка массы заключается в отмучивании глины, если этого требует состав последней, и в перемешивании глины с добавляемыми к ней другими глинами, мелом или песком. Последний приходится прибавлять в тех случаях, когда глина жирна и ее не удается сделать достаточно формующей добавкой других тощих глин. Тщательное перемешивание массы необходимо для получения доброкачественных И., особенно когда в состав массы входит несколько различных по свойствам материалов. При отмучивании глины удается значительно лучше перемешать массу, но зато в дальнейшем процесс усложняется работой по удалению избытка воды. Для удешевления процесса обезвоживания жидкой глиняной массы после отмучивания ее собирают в отстойные бассейны и дают глине отстояться. Воду сверху сливают, а оставшуюся густую массу высушивают до нормальной консистенции формирующегося теста. Полученное тесто прокатывают обыкновенно через вертикальную *глинотяжку* (см.) несколько раз, после чего масса готова для формовки.

Формовка И. может быть ручная и машинная, с помощью прессов. При ручном способе формовку И. можно вести двояко: 1) пластину и румп готовят отдельно, затем подсушивают (до кокетвердого состояния) и тогда соединяют вместе с помощью жидкой массы; 2) и пластину и румп формируют и тотчас же соединяют вместе. В последнем случае обычно после высушивания перед обжигом И. подвергают шлифовке. Формовка пластины производится на гончарном круге, употребляемом в гончарном производстве, причем для получения правильных размеров пластины пользуются металлическими или железными формами.

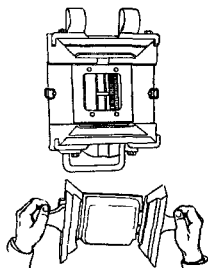
Для механич. формовки И. употребляют специальные (обыкновенно шпичные) прессы с ручным и механическим приводом. Глину, помещенную в такой пресс, с помощью поршня выдавливают через соответствующий мундштук и втискивают в прижатую к мундштучку форму. Затем проволочкой сформованной И. отделяют от всей массы глины и вынимают из формы. На фиг. 3 изображен изразцовый пресс Дрешера. Одной зарядкой такого прессы может хватить на 30 штук И., прессуемых одновременно с румпом как одно целое. Первоначально формы готовились из гипса и для прочности связывались железными полосами. Они не требовали смазки маслом и давали И. с равномерной поверхностью. В последнее время формы начали делать металлич., главн. образом бронзовые. Перед наполнением глиной металлич. формы смазывают маслом, чтобы сформован-

ные сырые изразцы можно было легко вынимать из форм. Производительность такого пресса при двух рабочих—120—180 прямых кафелек и до 80—95 углов в 1 час. В прессе



Фиг. 3.

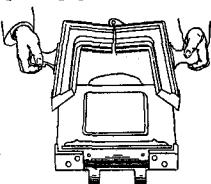
фирмы Дехерт и с-ья имеется приспособление для выемки сформованных изразцов, для чего форма делается составной и укрепляется на общей плите; плита, как и в предыдущем случае, делается откидной и при формовке прижимается к мундштуку пресса помощью перекидного рычага. На фиг. 4 показаны отдельные части составной формы для этого пресса. При этом устройстве часть формы с сердечником для румпа позволяет после формовки снимать готовое сырье и выкладывать его пластиной книзу. Если же требуется после расформовывания выложить



Фиг. 4.

готовый И. на румп, то пользуются особым рейфером, изображенным на фиг. 5, к-рым отформованный И. подхватывается за румп, вынимается из формы и ставится пластиной вверх. Для формовки углов на прессе намонтировывается специальный мундштук, к которому во время формовки нажимается соответствующих очертаний форма. На фиг. 6 показан пресс для формования углов.

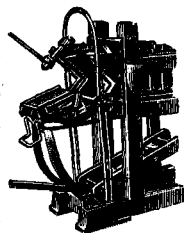
После формовки И. сушат; так как при процессе сушки И., особенно с гладкими (без рельефов) поверхностями, коробятся и искажают свою первоначальную форму, то они в состоянии еще не вполне сухом подвергаются обработке, имеющей целью исправление дефектов сушки и обеспечение им правильной и ровной поверхности, толщины и углов. Для этого подсушенные И.



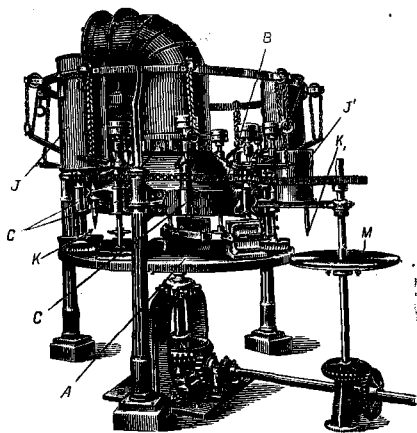
Фиг. 5.

прихлопывают поверхностями о твердые полированные плиты из чугуна, гранита или мрамора, затем заглаживают деревянными правилками и наконец строгают и полируют специальными полировочными ножами и скалками. Углы кроме того проверяют по шаблонам и соответственно исправляют. Всю эту дополнительную обработку И. нужно производить при таком состоянии сухости, когда изделия хотя и сохраняют еще известную мягкость в обработке, но уже не имеют при дальнейшем высушивании склонности к усушке. После этих операций делается подправка поверхностных недостатков при помощи тестобразной массы, смешанной с шамотом, и наконец поверхность изразца заглаживается мокрой губкой или кожей; после этого изразец высушивают, а иногда и протирают наждачной бумагой.

Обработанные т. о. изделия подвергаются первому обжигу (утильному) в тех же самых



Фиг. 6.



Фиг. 7.

печах, в к-рых производят и окончательный обжиг глазурованных И. Так как при этом обжиге трудно избежать некого искривления поверхностей изделия, особенно гладких, то после обжига необходимо И. подвергнуть шлифованию, чтобы иметь совершенно ровные поверхности и чтобы растекание глазури по поверхности было вполне равномерным. Эта операция при ручном способе сопряжена с трудностями, к-рые при шлифовании сырых изразцов не имеют места, и кроме того неизбежное выделение пыли при этой операции отражается на здоровье рабочих, занятых этой обработкой. Эти затруднения устраняются применением специальных шлифовальных машин, в которых движется шлифовальная плита, а И. или



остается совершенно неподвижным или же имеет только вращательное движение. На фиг. 7 представлен тип шлифовальной машины для обожженных изразцов, состоящей из медленно вращающейся железной плиты *A*, над *k*-рой на колоннах помещается особое кольцо *B* с примонтированными гнездами для полузубов *C*, которые в свою очередь опираются на обоймы, охватывающие шлифуемые *И*. С помощью цепи (или зубчатого колеса) валы полузубов приводятся во вращательное движение, которое м. б. приспособлено для каждого вала в отдельности особыми рычагами. При сухом шлифовании верх машины устраивается конусообразным и трубой сообщается с эксгаустером для отсасывания пыли. Для хранения песка, необходимого при шлифовании, машина снабжена 3—4 цилиндрич. сосудами *J*, из *k*-рых песок стекает на шлифовальную плиту по трубам *K*. При мокром шлифовании устройство для отсасывания пыли не требуется, и на его место на машине намонтировывается сосуд с водой. Рядом с большой шлифовальной плитой устраивается еще малая *M* для шлифования ручную места сгиба углов. Для этой плиты имеется сосуд с песком *J'* и к нему спускная трубка *K'*. Производительность машины при 10 полузубах колеблется от 800 до 2 000 штук в день в зависимости от твердости шлифуемых поверхностей и шлифовального песка.

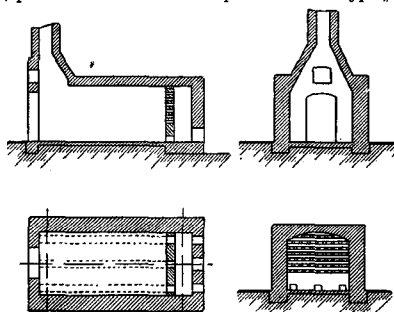
Глазу ров а н и е. *И*. перед вторым обжигом покрываются глухой белой или окрашенной глазурью (см.) — свинцовой глазурью, в которую для заглушения вводится окись олова или криолит. Примерный состав глазури для *И*., выраженный в аегеровской формуле, следующий: 0,1  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0,2  $\text{CaO}$ ; 0,7  $\text{PbO}$ ; 2,8  $\text{SiO}_2$ ; 0,2  $\text{V}_2\text{O}_5$ ; 0,5  $\text{SnO}_2$ . Получается эта глазурь предварительным сплавлением следующих материалов:

Свинцово-оловянной золы (полученной из 29 ч. олова и 71 ч. свинца) . . . . .	232 ч.
Буры кристаллической . . . . .	40 "
Известняка или мела . . . . .	20 "
Кварцевого песка . . . . .	168 "
Поваренной соли . . . . .	20 "

Итого . . . . . 480 ч.

В отношении состава изразцовых глазурей можно придерживаться следующих общих правил. Глазури для масс с большим содержанием извести должны иметь такое количество кремнекислоты, чтобы при плавнении они не могли излекать кремнезема из самой массы. Если нужно с помощью щелочи сделать глазурь более легкоплавкой, то заменяют 0,1—0,2 эквивалентов окиси свинца щелочами, не изменяя количества кремнезема в глазури. При понижении  $i_{\text{ш}}$  глазури с помощью борной *k*-ты нужно вводить борного ангидрида 0,2—0,3 эквивалента на 1 эквивалент окиси свинца; при этом должно сохраняться отношение окиси олова к щелочам  $0,5 \text{SnO}_2 : 1 \text{RO}$ . В глазурях для масс с малым содержанием извести при незначительном содержании кремнезема заменяют часть окиси свинца щелочами и известковым боросиликатом. Если употребляются для глазури только щелочи, то содержание окиси олова должно быть выше указанного отношения. Если глазурь обнаруживает склонность к

отскакиванию или растрескиванию, то целесообразнее изменять соответственным образом состав массы, а не глазури. В случае необходимости сохранить неизменным состав массы и подгонять к ней глазурь, нужно для сильно известковых масс подбирать легкоплавкие глазури со сравнительно небольшим содержанием окиси олова, добавляя в известных случаях в глазурную смесь каолин. При массах с небольшим содержанием извести следует поступать обратно, т. е. употреблять тугоплавкие глазури с большим содержанием окиси олова и совершенно не вводить в глазури каолин. Глазурование изразцов производят поливанием, для чего глазурный материал д. б. тщательно измолот и разболтан в воде до консистенции густых сливок. Поливание выполняют вручную. Подготовленный вышеизложенным способом *И*. держат левой рукой в вертикальном положении, в то же время правой рукой с помощью деревянного ковши зачерпывают глазурную



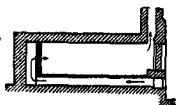
Фиг. 8.

массу и равномерно разливают по поверхности *И*.; при этом избыток глазури стекает в бак, где помещается глазурь. После подсушивания глазурного слоя зачищают ножом края и счищают щеткой избыток глазури.

После глазурования *И*. подвергаются второму обжигу, во время *k*-рого нанесенный глазурный слой сплавляется и равномерно растекается по поверхности изделия. Т. к. свинцово-оловянные глазури легко восстанавливаются, причем глазурь в этом случае темнеет и содержит черные включения, то следует при обжиге избегать сильно коптящего пламени, особенно в тот момент, когда глазурь только начинает сплавляться. Регулирование состава печной атмосферы легко достигается при употреблении в качестве топлива дров; кроме того необходимо озаботиться также и защитой обжигаемых изделий от непосредственного воздействия пламени. Печные установки для обжига *И*. следует выбирать такие, чтобы в них м. б. легко получить окислительное пламя. Чаще всего для этой цели употребляют лежачие печи касельского типа. В большинстве случаев такие печи представляют в плане прямоугольник, причем короткая сторона снабжена топками, а противоположная ей — отводом для дымовых газов.

На фиг. 8 представлен тип касельской печи, имеющей следующие размеры: длина

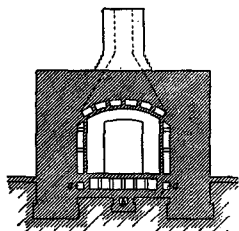
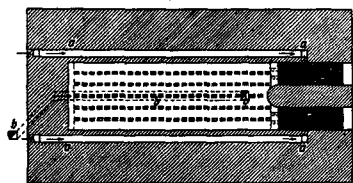
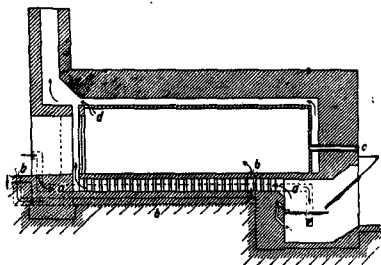
(включая топочную камеру) 5 м (длина рабочего пространства 4,25 м), ширина 2 м, высота в середине 1,70—1,80 м. Передняя стенка печи снабжена тремя печными отверстиями, из которых среднее делается обыкновенно больше крайних. Печное пространство от топочного отделяется ширмой в кирпич (25 см) толщиной, отстоящей от передней стенки на 50—60 см. Ширма эта сверху, более чем до половины, снабжена отверстиями для прохода пламени, внизу же на самом полу сделаны три широких отверстия, от кирпичей до задней стенки при установке обжигаемых изделий оставляются каналы для нижнего прогрева печного пространства. Задняя стенка печи снабжена входом для посадки изделий в печь,



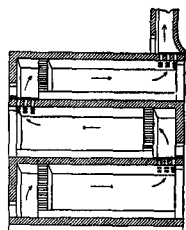
Фиг. 9.

ше, топочные отверстия, вход в печь и дымовая труба находятся в передней части печи. Пламя из топок идет нивом по каналам под подом, поднимается около задней стенки, проходит через решетчатую ширму и движется по печному пространству в обратном направлении. Преимуществом этой печи то, что получается чистое, безазольное пламя и легко достигается окислительная атмосфера, но зато, благодаря очень длинному пути пламени, изделия, находящиеся в печи у выхода печных газов в трубу, слабо обжигаются.

Чтобы вполне защитить изделия от непосредственного соприкосновения с пламенем, применяют при обжиге И. муфельные печи. Примером таких печей является печь Ришера, изображенная на фиг. 10. Внутри она представляет собой закрытый со всех сторон муфель. Топочные газы проходят внизу под подом муфеля по направлению к противоположной муфельной стенке; здесь они, поднимаясь, изменяют свое направление и возвращаются по боковым каналам с тем, чтобы затем направиться по верхним, лежащим над сводом, каналам в трубу. Каналы *a* подводят под колосники подогретый воздух. Канал *b* служит для подведения подогретого воздуха внутрь муфеля, чтобы с помощью его можно было удалять испаряемую изделиями влагу через отверстие *d*. В первый период обжига оставляется открытым также и смотровое отверстие *e* для входа в муфель внешнего воздуха. Когда *t*° в печи доходит до темнокрасного каления, воздушный канал *b* закрывают, так как в это время вся влага уже удалена. В отношении размеров печи рекомендуется строить ее емкостью в 11—12 м<sup>3</sup>. В виду весьма длинного пути, который должны проходить газы, необходимо для обжига выбирать лишь длиннопламенные сорта топлива. Муфельные печи, при всех своих положительных качествах, обладают тем недостатком, что потребляют сравнительно много топлива. Для сбережения топлива при обжиге строят многоярусные печи, в которых обжигаемые изделия постепенно нагреваются горячими газами, идущими от одного яруса вверх к последующим, где с помощью особых топок окончательно дожигаются. На фиг. 11 изображена трехъярусная печь Фейльнера, которая состоит из трех поставленных друг на друга каскадных печей. Пламенные газы из нижней печи поступают во вторую печь через отверстия, сделанные в своде, и таким же образом из второй печи поступают в третью, откуда уходят в трубу. Когда обжиг в нижней печи закончен, сообщаясь со второй печью отверстия закрывают, и продолжается обжиг изделий, уже достаточно подогретых во второй печи, и т. д. На фиг. 12 изображена двухэтажная печь Крафта с угольной экономичной топкой и с камерой му-



Фиг. 10.



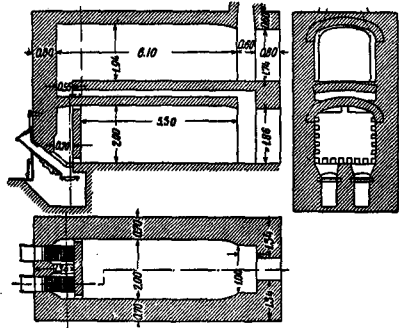
Фиг. 11.

который во время обжига закладывается кирпичом и плотно замазывается. Отверстие над входом в печь служит для посадки изделий (сравнительно малочисленных) в пространство под трубой. Как на вариант такой печи можно указать на печь с обратным движением пламени (фиг. 9). В этой печи, имеющей такую же форму, как и описанная вы-

ше, топочные отверстия, вход в печь и дымовая труба находятся в передней части печи. Пламя из топок идет нивом по каналам под подом, поднимается около задней стенки, проходит через решетчатую ширму и движется по печному пространству в обратном направлении. Преимуществом этой печи то, что получается чистое, безазольное пламя и легко достигается окислительная атмосфера, но зато, благодаря очень длинному пути пламени, изделия, находящиеся в печи у выхода печных газов в трубу, слабо обжигаются.

Чтобы вполне защитить изделия от непосредственного соприкосновения с пламенем, применяют при обжиге И. муфельные печи. Примером таких печей является печь Ришера, изображенная на фиг. 10. Внутри она представляет собой закрытый со всех сторон муфель. Топочные газы проходят внизу под подом муфеля по направлению к противоположной муфельной стенке; здесь они, поднимаясь, изменяют свое направление и возвращаются по боковым каналам с тем, чтобы затем направиться по верхним, лежащим над сводом, каналам в трубу. Каналы *a* подводят под колосники подогретый воздух. Канал *b* служит для подведения подогретого воздуха внутрь муфеля, чтобы с помощью его можно было удалять испаряемую изделиями влагу через отверстие *d*. В первый период обжига оставляется открытым также и смотровое отверстие *e* для входа в муфель внешнего воздуха. Когда *t*° в печи доходит до темнокрасного каления, воздушный канал *b* закрывают, так как в это время вся влага уже удалена. В отношении размеров печи рекомендуется строить ее емкостью в 11—12 м<sup>3</sup>. В виду весьма длинного пути, который должны проходить газы, необходимо для обжига выбирать лишь длиннопламенные сорта топлива. Муфельные печи, при всех своих положительных качествах, обладают тем недостатком, что потребляют сравнительно много топлива. Для сбережения топлива при обжиге строят многоярусные печи, в которых обжигаемые изделия постепенно нагреваются горячими газами, идущими от одного яруса вверх к последующим, где с помощью особых топок окончательно дожигаются. На фиг. 11 изображена трехъярусная печь Фейльнера, которая состоит из трех поставленных друг на друга каскадных печей. Пламенные газы из нижней печи поступают во вторую печь через отверстия, сделанные в своде, и таким же образом из второй печи поступают в третью, откуда уходят в трубу. Когда обжиг в нижней печи закончен, сообщаясь со второй печью отверстия закрывают, и продолжается обжиг изделий, уже достаточно подогретых во второй печи, и т. д. На фиг. 12 изображена двухэтажная печь Крафта с угольной экономичной топкой и с камерой му-

фельного типа. Муфель (на фиг. не показан) строится из отдельных плит таким образом, что его под выстилается из плит на поставленных на ребро кирпичках (см. разрез), боковые стенки также строятся из плит и



Фиг. 12.

упираются на выпущенные из стенок печи кирпичи. Свод муфеля выводится каждый раз после окончания посадки изделий или из шамотных плит или же из необожженных И. Топочные газы проходят вниз, омывая со всех сторон муфель, поднимаются у задней стенки печи вверх, проходят в обратном направлении через междуэтажную полость и попадают во второй этаж, откуда уже выводятся через свод в трубу.

При посадке И. в печь устраивают сначала по длине печи шуровые каналы высотой около 25 см и шириной 15—20 см. Затем тотчас же за ширмой устанавливают вертикальный ряд бракованных И., лучше всего углов. Этот ряд сохраняется в продолжение нескольких обжигов и служит для задерживания золы и предохранения остальных изделий от действия остроконечного пламени, идущего непосредственно из топков. Далее следуют четыре ряда сырых (неглазурованных) И. и углов, затем ставят белый полнотой товар, и наконец последняя четверть печного пространства устанавливается изделиями с легкой глазурью или же сырым товаром. Под самой трубой снова укладывают, по возможности свободно, с большими промежутками, бракованные изделия. И. ставят на ребро попеременно обратными друг к другу глазурованными поверхностями и румпами, по возможности близко друг к другу—с промежутками в 1—2 см. Для большей устойчивости изделия укрепляют глиняными подставками. Отдельные горизонтальные ряды разделяют особыми плитами. Обжиг ведется сначала медленно, при осторожном повышении  $t^{\circ}$ . При начале плавления глазури, как было указано, следует избегать коптящего пламени, чтобы не было восстановительных процессов. По окончании обжига печь оставляют медленно остывать. За обжигом следят через смотровое окно с помощью зетеровских пироскопов и пробных черепков. Окончание обжига происходит обыкновенно при SK 010. Остуженный товар вынимают из печи и сейчас же сортируют.

Торговые сорта изразцов на русском рынке имеют полугорные размеры 22×40 см или 22×44 см и обычные—22×18 см и 27×18 см. Немецкие (берлинские) кафели имеют размер 22×25 см. Производство И. в СССР распространено в различных районах, из которых наиболее известными являются: ленинградский, тверской, ржевский, копцевский, клинский, гжельский. В Москве производство весьма высоких по качеству И. развито на з-де б. Власова. На Нижегородском з-де б. Костина в настоящее время восстанавливается бывшее на этом з-де еще до войны 1914—18 гг. производство И. Довоенное производство печных И. для 1912 года выражалось в 1511 400 п., причем это производство не удовлетворяло всей потребности в этого рода изделиях, и часть И., приблизительно около 300 000 п., в том же году была ввезена, гл. обр. из Германии и Финляндии. Стоимость И. на московском рынке, согласно данным Московской товарной биржи, на 1927 г. колебалась в пределах 1,5—40 к. за штуку франко Москва-склад, в зависимости от сорта И.

Лит.: Будников П. П., *Керамическая технология*, Харьков, 1927; Философов П. С., *Изразцы, Энциклопедия*, словарь Бронгауза и Эфрона, т. 19, П., 1916; Kerl B., *Handbuch d. gesamten Tonwarenindustrie*, 3 Aufl., Breschw., 1907. П. Писокофф.

**ИЗУМРУД**, разновидность минерала *Берилла* (см.), драгоценный камень 1-го порядка. Красивый цвет И. обуславливается присутствием в составе его хрома и ванадия; преобладание первого дает золотисто-зеленый, второго—синеваато-зеленый тон; окраска неравномерная, иногда зонарная. Чистые кристаллы без изъянов (мут, трещины, включения) очень редки. Кристаллы достигают 20 см длины и 15—20 см толщины. Нормально из 5 кг ограночного материала получается 1 кг ограненного камня. Месторождения И. немногочисленны; они связаны с внедрением пегматитов в амфиболиты, змеевики или им отвечающие силикатные породы, богатые Fe, Ca, Mg, или с прониканием апофиз пегматитов в битуминозные мергеля. В СССР известно месторождение «Изумрудные копи», славящееся крупными кристаллами И. золотисто-зеленого ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  от 0,11 до 0,19%) и редко сине-зеленого цвета. Месторождение разрабатывается трестом «Русские самоцветы»; имеется шесть присновок на протяжении ок. 20 км; ширина зоны изумрудных пород 100—600 м. На предприятии имеется обогащательная ф-ка, обрабатывающая изумрудный сланец. Запасы ограночного материала значительные: до глубины 50 м—не менее 10 млн. кг.

Из других месторождений известны копи Muzo и Coscuez в Колумбии; камни сине-зеленого тона. Месторождение очень значительное; длина его 8 км. Добывается среднего товара в год на сумму до 1 млн. руб. Небольшое значение имеют месторождения: в Бразилии (светлые искристые камни), Nabalchal (около Зальцбурга) в Альпах, Poona в Зап. Австралии и Kjerfingeb и Eidsvold в Норвегии. Общая мировая добыча равняется 1 100 000 р. В последнее время И. ценятся в 2—10 раз выше довоенного времени: стоимость 1 кг исклительного качества—12 000 р.; 1-го сорта—2 000 р., обычного

рыночного товара—от 250 до 2 р. (средняя стоимость рыночного товара—от 40 до 50 р.).

Центры обработки: Париж, в СССР—Свердловск, где в день опытный мастер гранит 5—6 кг; огранка ступенчатая и мелкая квадратная искра.

Из истории камней можно отметить: 1) негранные кристаллы—а) Николая 1, 25 см дл. и 12 см шир.; б) Венского кабинета, 2 205 кг; в) герц. Девонширского (Англия), 1 350 кг; 2) граненые камни—И. Алмазного фонда, замечательного тона и чистоты—250 кг, 153,75 кг и 136,25 кг. Для безошибочного определения качества камней изобретены лампы и лупы с выдвигаемыми цветными фильтрами (фирмы Reichert в Вене и Emerald-Jami—P. E. Walton в Париже). Для улучшения игры, для временного скрывания трещин настоящий И. проваривают в деревянном масле. Подделки И. следующие: 1) смарагдолин—искусная имитация из стекла (несколько разновидностей) вплоть до подделки естественных изъёмов настоящего И.; 2) дублеты, сплавленные или склеенные из двух частей, из которых верхняя—настоящий изумруд плохого качества или аквамарин, нижняя—кварц (редко тоже изумруд) или стекло; между ними имеется окрашенный слой, иногда яркая жидкость.

Лит.: Ферсман А. Е., «НИ», т. 4, 1926; е т о ж е, Драгоценные камни, т. 2, Л., 1925; К г а ц я Е. and H o l d e n B. Gems and Gem Materials, N. Y., 1925; M i c h e l H., Die künstlichen Edelsteine, Leipzig, 1926.

Е. Цициерлинг.

**ИЗЮМ**, сушеные ягоды винограда. Сушка ведется почти всегда на солнце. В СССР производство изюма сосредоточено в Туркменистане и Узбекистане. До войны 1914—18 гг. из Туркестана вывозилось до 30 000 т И. в год, к-рые по районам распределялись так:

Районы	Вывоз в т
Самаркандский . . . . .	15 750
Полторацкий . . . . .	7 600
Бухарский . . . . .	3 653
Ура-Тюбинский . . . . .	2 800
Ходкентский . . . . .	818

В последние годы вывоз И. из Узбекистана в среднем составляет около 14 000 т. Кроме того до войны много И. привозилось из-за границы—в год около 29 000 т, причем 95% ввоза приходилось на Персию. В настоящее время ввоз И. сократился: в 1922/23 г. ввезено 10 330 т И. из Персии. Более ценные и высокие сорта И. привозились из Испании (малага и др.) и из Турции (бессемянный—кишмиш, с семенами—розаки, из муската—элеми). В большом количестве в Россию ввозилась коринка (коринфский И.) из Греции.

В Узбекистане применяются три способа сушки винограда: 1) непосредственная сушка на солнце—автоби; 2) сушка в тени, в особых сушильных сараях с узкими отверстиями в стенах для пропуска воздуха,—

со яги (т. о. сушится виноград сортов кара-маири, белый кишмиш, вассарга); 3) сушка на солнце винограда после погружения его (обварки) в кипящий раствор поташа (или смеси поташа и извести)—а б д ж е т. Наиболее распространена непосредственная суш-

Табл. 1.—Сорта туркестанского изюма.

Сорта И.	Сорта винограда для получения И.	Цвет	Содержание семян
Гермиан . . . . .	Масна	Бурый	С семенами
Шигаи . . . . .	Кара-кишмиш . . . . .	Фиолетово-черный	Без семян
Сабза . . . . .	Ак-кишмиш . . . . .	Желтый	» »
Видана . . . . .	Ак-кишмиш . . . . .	Розовато-бурый	» »
Чиляги . . . . .	Чиляги	Бурый	С семенами
Вассарга . . . . .	Вассарга	Фиолетово-черный	» »
Хусайни . . . . .	Хусайне . . . . .	Светлокоричневый	» »
Таифи . . . . .	Таифи . . . . .	Светлокоричневый	» »

Табл. 2.—Химический состав изюма (по Ф. Церевитинову).

Сорта	Вес 100 ягод, г	Вода, %	Инвертный сахар, %	Азотистые вещества, %	Общих углеводов (включая к-т), %	Целлюлоза, %	Зола, %
Шигаи . . . . .	38	25,2	61,5	1,57	1,16	1,02	1,98
Видана . . . . .	40	24,8	65,8	1,58	1,19	0,96	1,56
Туркмени . . . . .	75	24,3	60,1	2,01	1,09	4,22	2,04
Таифи . . . . .	74	22,4	63,7	1,71	0,74	2,01	2,87
Вассарга . . . . .	80	24,9	60,7	2,14	1,78	5,64	2,87
Хусайни . . . . .	118	22,4	63,7	1,99	0,54	3,44	1,90
Гермиан . . . . .	108	22,5	68,0	1,92	1,26	3,73	1,67
Сабза персидская . . . . .	39	22,3	68,1	1,59	1,35	0,95	2,29

ка на солнце. Обварка в известково-щелочном растворе применяется гл. обр. при получении сортов гермиан, сабза; обвариванием в щелоче достигается образование мельчайших трещин на коже винограда, что ускоряет сушку. Сорта Туркестанского И. и химический состав И. см. табл. 1 и 2.

Коринка, доставляемая Грецией, представляет собою мелкий черный бессемянный И., получаемый сушкой ягод особого вида виноградной лозы (*Vitis corinthica* или *V. argentea*), разводимый по южн. берегу Коринфского залива, на Ионических о-вах, в Далмации и Сирии. Содержание сахара в коринке—66%. Испания, а также Калифорния производят кувшинный изюм, или малату, к-рая поступает в продажу в виде гроздей с гребнями. Малага содержит 62,8—67,8% сахара.

Производство И. в США. Главным сортом винограда для получения бескосточкового И. является «султанина» или «виноград Томпсона без косточек». Виноград собирают, когда удельный вес сока будет не менее 24° Баллинга. После сбора грозди винограда кладут в один слой на лотки из очень плотного картона или деревянные. Для ускорения сушки прибегают к обварке винограда щелоком. Концентрация щелока—0,1—0,75% (лучше 0,5%) углекислого натрия или смеси углекислого натрия с едким натром; продолжительность обварки—3—6 ск. Лотки с виноградом расставляют

на сушильном дворе или на винограднике, а через 3—5 дней, когда виноград наполнился высок, его переворачивают; еще через 2—3 дня лотки складывают один на другой в клетки (штабеля), в которых заканчивается процесс сушки. Полученный И. очищают от примесей, сортируют по величине ягод и погружают в холодный раствор двууглекислого натрия, на поверхности к-рого находится тонкий слой прованского масла; благодаря этому ягоды покрываются тонким слоем масла, придающим сушеному продукту лоснящийся вид и предохраняющим ягоды от слипания. Готовый И. упаковывают в ящики. В Калифорнии готовят также И.-мускат, поступающий в продажу в виде гроздей. Для этого сорта применяется обварка в щелочном растворе.

Громадное значение для И. имеют очистка и сортировка его на специальных машинах. Такая обработка И. всегда применяется в Калифорнии, отчего калифорнский И. содержит ничтожное количество примесей и является совершенно однородным. Туркестанский И., даже лучшие сорта, обычно содержит 1,2—3,5% примесей (черешки, песок, земля и пр.), почему его необходимо подвергать очистке. В настоящее время в Самарканде построен завод для очистки и сортировки И., оборудованный новейшими американскими машинами.

*Лит.:* Череватников Ф. и Урьев Ф., Туркестанский и персидский изюм и его исследование, «Вестник виноделия Украины», Одесса, 1927, 2; Gr u e s W. V., Commercial Fruit and Vegetable Products, N. Y., 1924. Ф. Череватников.

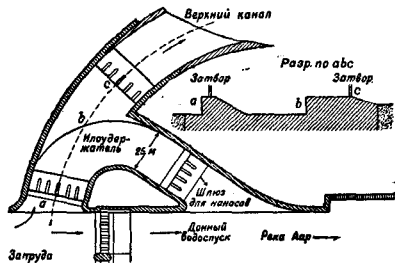
**ИЛОУДЕРЖАТЕЛИ**, илоудолители, пескоудержатели, наносоудержатели—вспомогательные устройства при гидротехнич. сооружениях на реках и каналах для задержания вешенных в текущей воде наносов.

И. устраивают для уменьшения отложений в каналах и водохранилищах песка, ила и наносов, вредно влияющих на оросительные системы и др. гидротехнические сооружения. В некоторых случаях илоудержатели, особенно наносоудержатели и пескоудержатели, устраивают в целях регулирования водных потоков, когда изменяются направление реки и ее русло или же кольматируется прилегающая к руслу реки пойма. В последнем случае сооружения представляют систему наносоудерживающих, гл. образом плетневых, фашинных и древесных, *заоражденный* (см.).

И., служащие для удержания наносов в каналах, в большинстве случаев встречаются двух типов: 1) И. для воды, несущей крупные наносы и грубые материалы по дну; 2) И.—осадочные бассейны с сечением, большим сечения нижележащего смежного участка канала или реки. Первый тип И. представляет собой камеру, дно к-рой находится ниже дна канала. По дну камеры устроены желобки, задерживающие наносы и грубый материал. Промывка такой илоудерживающей камеры производится через отверстие в стенке ее, а промывный материал сбрасывается в особый отводный канал или естественное русло. Второй тип И., в виде осадочного бассейна, обычно представляет расширенный участок канала с бетонированными стенками, причем дно бассейна лежит ниже нор-

мального дна канала. В нижнем конце осадочный бассейн снабжен промывными затворами. Длина бассейна делается не менее четырехкратной глубины воды в канале. Иногда для уменьшения заиливания каналов И. устраивают в виде плотины с пониженным до дна реки порогом.

Типом И. при значительных наносах и высоких паводках может служить И. при плотине крупной электр. станции Ванген на р. Ааре (см. фиг.). При таком устройстве

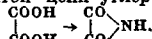


большая часть крупных наносов задерживается перед впускным шлюзом *a*, порог которого находится выше дна реки на 1 м. Промывка отложившихся перед шлюзом наносов происходит через дождевой водоспуск с порогом, пониженным до дна реки. Средние и мелкие наносы задерживаются перед порогом *b* и отлагаются в И. Отложившиеся в И. наносы промываются при закрытии затвора *c* и открытии спускного шлюза для наносов; при нормальной работе этот шлюз закрыт. Для предотвращения попадания в водопроводный канал наносов при наиболее высоких водах затвор *c* снабжен шлюзами.

*Лит.:* Анулов К. А. и Козлов Г. А., Курс водных сообщений, т. 2, М.—Л., 1928; Давельштейн В., Сел.-хоз. гидравлика, СПб, 1904; Броуэри Г., Курс водных внутр. сообщений, 3 изд., П., 1916; Костяков А. Н., Основы мелiorации, М., 1927; К а я и б а Б. Н., Регулирование рек, Л., 1927; статья «Илоудержатели» и «Илоуловители» в «Технич. Энциклопедии», изд. «Просвещение»; Мауег К., Das Elektrizitätswerk Wengen an d. Aare, «Z. d. VDI», 1906, В. 50. А. Малабугим.

**ИМИДЫ КИСЛОТ**, производные органич. многочисленных к-т, в которых 2 гидроксильных остатка замещены и мидо-группой (имино-группой) >NH. И. к. получают из соответствующих кислот или их ангидридов действием аммиака или перегонкой их кислот аммонийных солей или амидов.

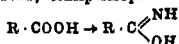
При образовании И. к. происходит замыкание открытой цепи углеродных атомов:



И. к.—кристаллич. вещества, плавящиеся, возгорающиеся и перегоняющиеся без разложения, б.ч. хорошо растворимые в воде и спирте; при нагревании с водными растворами едких щелочей и к-т присоединяют воду и легко разлагаются на соответствующую к-ту и аммиак. С кислотами И. к. не реагируют и дают нейтральную реакцию (на лакмус). Водород имидо-группы легко замещается металлом, причем образуются солеобразные производные.

От И. к. надо отличать и м и д о к с л о т ы—производные карбоновых к-т, образу-

щаются замещением карбонильного кислорода группой NH, например:



Имидокислоты являются изомерами амидов соответствующих кислот:  $R \cdot CO \cdot NH_2$ , и известны лишь в виде производных—хлорангидридов и эфиров.

**ИМПЕДАНЦ**, полное (кажущееся) сопротивление цепи и отношение эффективного значения напряжения переменного тока к эффективному значению силы тока, возникающего под влиянием этого напряжения. При синусоидальном токе с частотой  $\omega$  в цепи с сопротивлением  $R$ , индуктивностью  $L$  и емкостью  $C$  полное сопротивление  $Z$  определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

Если изображать напряжение и силу тока при помощи комплексных чисел, то и полное сопротивление получает комплексное выражение:

$$\bar{Z} = R + j \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right) = Z \cdot e^{j\varphi}$$

где  $\varphi$  определяется из ур-ия:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$$

Величину, обратную  $Y$ , называют полной проводимостью или адмиттанцем (см.); обозначается обычно буквой  $\bar{y}$ :

$$\bar{y} = g + jb,$$

причем

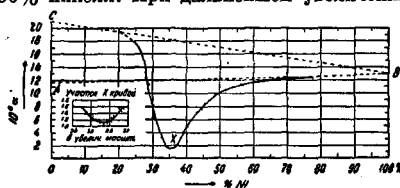
$$g = \frac{R}{Z^2}, \quad b = \frac{1}{Z^2} \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right);$$

$g$  и  $b$ —активная и реактивная составляющие проводимости. Я. Шальвейн.

**ИМПРОНИТ** (impronite) завершает ряд асфальтовых пиробитумов, представляя последнюю стадию метаморфозы асфальтитов и асфальтовых пиробитумов. Нередко асфальтиты столь похожи по физич. и химическим свойствам на И., что многие промышленники на этом ошибались. Цвет в массе черный, излом неровный, блеск полутусклый, черта черная, удельный вес 1,10—1,25, твердость по Мосу 3, в пламени растрескивается, не плавится, твердого углерода содержит 50—85%, в сероуглероде нерастворим, минеральных веществ содержит 0,7—2,5%, серы 1,3—1,7%, кислорода меньше 5%. Месторождения — в виде жил мощностью 2—3 м, при простирании до 100 м. Глубина точно не известна. п. п.

**ИНВАР** (от *invariable* — неизменяемый), сплав никеля с железом, с чрезвычайно малым коэф-том расширения, почти в 10 раз меньшим, чем коэф. расширения железа. И. открыт директором Международного бюро мер и весов, проф. Гильмом. При исследовании никелевой стали оказалось, что ее магнитные свойства, упругость и коэф-т расширения претерпевают закономерные изменения в строгом соответствии с изменением состава. Для метрологич. целей особый интерес представляет изменение термич. коэф-та расширения сплава железа

с никелем ( $\alpha_{100}$ ). На графике (см. фиг.) наглядно иллюстрируется указанная зависимость. Точка А отвечает коэф-ту расширения  $\alpha$ -железа, точка С—коэф-ту расширения  $\gamma$ -железа (см. Железо, Гамма-железо), точка В—коэф-ту расширения чистого никеля. При постепенном увеличении содержания в сплаве никеля коэф. расширения этого сплава, вначале мало отклоняющийся от направления СВ, при содержании 25% никеля начинает сильно уменьшаться и достигает минимума при содержании в стали 36% никеля. При дальнейшем увеличении



содержания никеля коэф. расширения повышается. Упомянутый 36%-ый сплав никеля с железом Гильом и назвал И. Если принять во внимание, что сплав этот противостоит действию химич. агентов, почти не изменяется на воздухе, легко подвергается обработке и хорошо полируется, то становится понятным распространение этого сплава для изготовления различных точных, не изменяющихся изделий. Недостаток И. состоит в том, что с течением времени термич. коэф. расширения его претерпевает изменения. При обыкновенной  $t^\circ$  линейка из И. очень медленно удлиняется; если же ее выдерживать при  $100^\circ$ , то процесс удлинения ускоряется и примерно через 100 часов доходит до максимума. При охлаждении до нормальной  $t^\circ$  изменение длины вновь начинает обнаруживаться, и это явление наблюдается в течение многих лет. По мере увеличения содержания никеля, указанное явление в инваре постепенно ослабляется и в 43%-ной никелевой стали исчезает, снова появляясь при дальнейшем обогащении сплава никелем до 70%, когда получается уже совершенно неизменяемый сплав. Исследуя причины описанной неустойчивости И., Гильом нашел, что углерод, всегда присутствующий в железе, играет большую роль в этом явлении. Устойчивость И. находится в прямой зависимости от количества содержащегося в сплаве углерода: чем это содержание меньше, тем сплав устойчивее. Уменьшить или даже совершенно устранить это вредное влияние углерода оказалось возможным путем добавления к сплаву хрома или ванадия в небольшом количестве. Т. о. была разрешена задача изготовления сплава с малым и неизменным коэф-том расширения. Применение никелевой стали не ограничивается лишь изготовлением мер длины (геодезич. базисных мер, проволок и т. п.), но имеет место и в часовом деле при изготовлении маятников из двух металлов—стали и латуни—для сохранения возможно большего постоянства их длины при изменениях  $t^\circ$ ; никелевую сталь можно подобрать так, что достигается полная гарантия неизмен-

ности длины маятника при всяких  $l^0$ , а не только для двух определенных значений  $l^0$ , как то было достижимо при применении обыкновенной стали.

Исучая изменение упругих свойств никелевой стали, Гильом нашел еще один способ ее применения. Коэф. упругости данной никелевой стали при разных  $l^0$  изменяется вместе с изменением термич. коэф-та расширения: чем этот последний меньше, тем коэф. упругости больше. Но если к никелевой стали прибавить марганец или хром, то способность ее к изменению упругих свойств ослабляется, и при содержании 12% хрома это изменение в пределах определенных  $l^0$  становится почти незаметным. Получаемый т. о. сплав, названный Гильмом эль и в варом (élasticité invariable), т. е. сплав с неизменяющимся коэф-том упругости, нашел себе применение в некоторых областях техники, напр. для изготовления нитей в крутильных весах, для изготовления часовых пружин и т. п. См. также Спр. ТЭ, т. II.

*Litt.*: Guillaume Ch. Ed., Études métrologiques sur les aciers au nickel, «Travaux et mémoires du Bureau International des poids et mesures», Paris, 1927, t. 17; Chevalard P., Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome, ibidem. А. Доброхотов.

**ИНВАРИАНТЫ**, в теории форм, такая функция коэф-тов формы, которая, будучи умножена на модуль данного линейного преобразования, равна аналогичной функции коэф-тов преобразованной формы (см. *Алгебраическая форма*). Линейное преобразование формы  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , содержащий  $n$  переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , состоит в замене этих переменных выражениями вида:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= a_1^{(1)} \bar{x}_1 + a_2^{(1)} \bar{x}_2 + \dots + a_n^{(1)} \bar{x}_n \\ x_2 &= a_1^{(2)} \bar{x}_1 + a_2^{(2)} \bar{x}_2 + \dots + a_n^{(2)} \bar{x}_n \\ \dots &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ x_n &= a_1^{(n)} \bar{x}_1 + a_2^{(n)} \bar{x}_2 + \dots + a_n^{(n)} \bar{x}_n \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$  — новые переменные. Ф-ия  $\varphi(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$ , получившаяся в результате подстановки выражений (1) в данную функцию  $f$ , называется преобразованной функцией, а *определитель* (см.)

$$D = \begin{vmatrix} a_1^{(1)} & a_2^{(1)} & \dots & a_n^{(1)} \\ a_1^{(2)} & a_2^{(2)} & \dots & a_n^{(2)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_1^{(n)} & a_2^{(n)} & \dots & a_n^{(n)} \end{vmatrix} (2)$$

составленный из коэф-тов выражений (1), называется модулем преобразования. Если  $A_1, A_2, \dots, A_{n-1}$  — коэф-ты членов данной формы  $f$ , а  $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_{n-1}$  — коэф-ты преобразованной формы  $\varphi$ , то возможно образовать такую ф-ию  $I$  от  $A_1, A_2, \dots, A_{n-1}$ , называемую *И*. данной формы  $f$ , к-рая, будучи умножена на модуль преобразования в некоторой степени, будет равна такой же ф-ии от  $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_{n-1}$ , так что

$$I(A_1, A_2, \dots, A_{n-1}) \cdot D^\alpha = I(\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_{n-1}). (3)$$

Так напр., для квадратичной формы с двумя переменными  $A_1 x_1^2 + 2A_2 x_1 x_2 + A_3 x_2^2$  имеем

формулы линейного преобразования:

$$x_1 = a_1^{(1)} \bar{x}_1 + a_2^{(1)} \bar{x}_2;$$

$$x_2 = a_1^{(2)} \bar{x}_1 + a_2^{(2)} \bar{x}_2.$$

Подставляя эти значения  $x_1$  и  $x_2$  в данную ф-ию, получаем преобразованную ф-ию:

$$\begin{aligned} \varphi &= A_1(a_1^{(1)} \bar{x}_1 + a_2^{(1)} \bar{x}_2)^2 + \\ &+ 2A_2(a_1^{(1)} \bar{x}_1 + a_2^{(1)} \bar{x}_2)(a_1^{(2)} \bar{x}_1 + a_2^{(2)} \bar{x}_2) + \\ &+ A_3(a_1^{(2)} \bar{x}_1 + a_2^{(2)} \bar{x}_2)^2 = \\ &= \bar{A}_1 \bar{x}_1^2 + 2\bar{A}_2 \bar{x}_1 \bar{x}_2 + \bar{A}_3 \bar{x}_2^2, \end{aligned}$$

где

$$\bar{A}_1 = A_1 a_1^{(1)2} + 2A_2 a_1^{(1)} a_1^{(2)} + A_3 a_2^{(1)2},$$

$$\bar{A}_2 = A_1 a_1^{(1)} a_2^{(2)} + A_2(a_1^{(1)} a_2^{(2)} + a_2^{(1)} a_1^{(2)}) + A_3 a_2^{(1)} a_2^{(2)},$$

$$\bar{A}_3 = A_1 a_2^{(1)2} + 2A_2 a_2^{(1)} a_2^{(2)} + A_3 a_2^{(2)2}.$$

Нетрудно убедиться, что в рассматриваемом случае имеет место следующее равенство:

$$(A_1, A_2, A_3) D^2 = \bar{A}_1 \bar{A}_3 - \bar{A}_2^2,$$

где

$$D = \begin{vmatrix} a_1^{(1)} & a_2^{(1)} \\ a_1^{(2)} & a_2^{(2)} \end{vmatrix}$$

так что  $A_1, A_2, A_3$  есть *И*. рассматриваемой квадратичной формы. *И*. последних типов встречается в аналитической геометрии.

В теории групп *И*. группы преобразований называется такая ф-ия координат  $x_1^{(1)}$  и  $x_2^{(1)}$  двух каких-либо точек многообразия  $n$ -го измерения  $M_n$ , к-рая при всех преобразованиях, принадлежащих к данной группе, сохраняет свой вид.

Пусть дано  $n$  переменных  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , которые могут принимать всевозможные значения от  $+\infty$  до  $-\infty$ . Совокупность  $M_n$  всех значений этих переменных называется многообразием  $n$ -го измерения и я. Совокупность каких-нибудь определенных значений этих переменных  $x_1^{(1)}$ ,  $x_2^{(1)}$ , ...,  $x_n^{(1)}$  называется *точкой* или *элементом* многообразия, а отдельные значения этих величин называются *координатами* этой точки. Если переменные  $x_1, x_2, \dots, x_n$  связаны определенным образом с переменными  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$  другого многообразия  $n$ -го измерения  $\bar{M}_n$ , то говорят, что одно многообразие переходит в другое при помощи преобразования координат или при помощи точечного преобразования, причем обычно требуется еще, чтобы каждая точка одного многообразия переходила в одну и только в одну точку другого многообразия, и обратно. Наиболее простым точечным преобразованием является преобразование, при к-ром координаты преобразованного многообразия  $\bar{M}_n$  являются линейными ф-иями преобразуемого многообразия  $M_n$ , т. е. при котором имеют место следующие равенства:

$$\bar{x}_i = a_i + \sum_{j=1}^n a_j^{(i)} x_j \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n). (4)$$

Условием того, чтобы каждая точка  $M_n$  пере-

ходила в одну и только в одну точку  $\bar{M}_n$ , служат соотношения:

$$\begin{vmatrix} a_1^{(1)}, a_2^{(1)}, a_3^{(1)}, \dots, a_n^{(1)} \\ a_1^{(2)}, a_2^{(2)}, a_3^{(2)}, \dots, a_n^{(2)} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_1^{(n)}, a_2^{(n)}, a_3^{(n)}, \dots, a_n^{(n)} \end{vmatrix} \neq 0, \quad (5)$$

где левая часть есть определитель, составленный из коэф-тов  $a_i^{(r)}$ . Преобразование, выраженные формулами (4), носит название аффинного преобразования. Если кроме того  $n^2$  коэф-тов  $a_i^{(r)}$  связаны между собой соотношениями

$$\sum_{i=1}^{i=n} a_i^{(r)} a_i^{(s)} = \delta^{rs} \quad (r, s = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (6)$$

причем  $\delta^{rs} = +1$  при  $r = s$  и  $\delta^{rs} = 0$ , при  $r \neq s$ , то преобразование называется аффинным ортогональным преобразованием. Так, для случая трехмерного многообразия, т. е. при  $n=3$ , уравнения аффинного преобразования (4) принимают следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x}_1 &= a_1 + a_1^{(1)}x_1 + a_2^{(1)}x_2 + a_3^{(1)}x_3 \\ \bar{x}_2 &= a_2 + a_1^{(2)}x_1 + a_2^{(2)}x_2 + a_3^{(2)}x_3 \\ \bar{x}_3 &= a_3 + a_1^{(3)}x_1 + a_2^{(3)}x_2 + a_3^{(3)}x_3 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Для случая же аффинного ортогонального преобразования имеем кроме того следующие соотношения, получаемые из (6) и выражающие обычные условия ортогональности в трехмерном пространстве:

$$\left. \begin{aligned} (a_1^1)^2 + (a_2^1)^2 + (a_3^1)^2 &= 1 & a_1^1 a_1^2 + a_2^1 a_2^2 + a_3^1 a_3^2 &= 0 \\ (a_1^2)^2 + (a_2^2)^2 + (a_3^2)^2 &= 1 & a_1^2 a_1^3 + a_2^2 a_2^3 + a_3^2 a_3^3 &= 0 \\ (a_1^3)^2 + (a_2^3)^2 + (a_3^3)^2 &= 1 & a_1^3 a_1^1 + a_2^3 a_2^1 + a_3^3 a_3^1 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Пусть имеется точечное преобразование, определяемое ф-лами

$$\bar{x}_i = \varphi_{1i}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

где  $i=1, 2, \dots, n$ , и другое точечное преобразование, определяемое ф-лами

$$\bar{x}_i = \varphi_{2i}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n),$$

где  $i=1, 2, \dots, n$ ; тогда точечное преобразование

$$\bar{x}_i = \varphi_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

где  $i=1, 2, \dots, n$ , являющееся результатом последовательного применения данных преобразований, называется их произведением. Обозначая символически эти преобразования соответственно через  $T_1, T_2$  и  $T$ , можно написать:  $T = T_2 \cdot T_1$ , что в символической форме представляет следующее равенство:

$$\begin{aligned} \varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \varphi_{2i}[\varphi_{1i}(x_1, x_2, \dots, x_n), \\ &\varphi_{1i}(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, \varphi_{1n}(x_1, x_2, \dots, x_n)]. \quad (9) \end{aligned}$$

Нетрудно видеть, что произведение преобразований обычным свойством коммутативности не обладает.

В качестве примера действия над преобразованиями рассмотрим следующий слу-

чай. Преобразование  $T_1$  заключается в следующем:  $\bar{x}_i = 3x_i + a_i$ , а преобразование  $T_2$ :  $x_i = 2\bar{x}_i - b_i$ .

$$\begin{aligned} T &= T_2 T_1 = 2(3x_i + a_i) - b_i = 6x_i + 2a_i - b_i; \\ T' &= T_1 T_2 = 3(2\bar{x}_i - b_i) + a_i = 6\bar{x}_i - 3b_i + a_i; \\ &T \neq T'. \end{aligned}$$

Можно рассматривать не одно какое-либо преобразование, а целую совокупность преобразований, обладающих каким-нибудь общим свойством. Из таких совокупностей особое значение имеют в современной теоретич. физике и в теории относительности т. н. группы преобразований (см. также *Группа*). Группой преобразований называют такую совокупность их, к-рая обладает тем свойством, что всякое произведение преобразований, входящих в состав данной совокупности, есть преобразование, также входящее в данную совокупность; например если преобразования  $T_1, T_2, T_3$  входят в состав какой-либо группы преобразований, то преобразования  $T_1 T_2, T_1 T_3, T_2 T_3$  и т. д. также входят в состав этой группы. Символически группу преобразований обозначают через  $[T]$ . Часто какая-либо часть преобразований, входящих в состав данной группы, обладает каким-нибудь свойством, не общим для всей группы; тогда они составляют т. н. подгруппу преобразований. Само собою разумеется, что подгруппа преобразований также составляет группу; так, из группы точечных преобразований можно выделить так наз.  $m$ -параметренную подгруппу точечных преобразований, т. е. такую совокупность их, к-рая зависит существенным образом от  $m$  произвольных параметров  $q_1, q_2, \dots, q_m$ , так что

$$\bar{x}_i = \varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n, q_1, q_2, \dots, q_m), \quad (10)$$

где  $i=1, 2, \dots, n$ . Такую  $m$ -параметренную группу символически обозначают через  $[G_m]$ . Частный вид аффинных преобразований (4), например

$$\bar{x}_i = x_i + a_i, \quad (11)$$

где  $i=1, 2, \dots, n$ , содержит в себе  $n$  параметров  $a_i$ ; так что эту группу аффинных преобразований, называемую группой параллельного переноса, можно символически обозначить через  $[G_n]$ . Общая же группа аффинных преобразований (4) содержит  $n$  параметров  $a_i$  и  $n^2$  параметров  $a_i^{(r)}$ , так что ее можно символически обозначать через  $[G_{n+n^2}]$ . При  $n=3$  эта группа будет содержать 12 параметров. Аффинная группа преобразований содержит в себе две подгруппы: подгруппу параллельного переноса (11), получающуюся из (7) при  $a_i^{(r)} = 0$ , если  $i \neq l$ , и  $a_i^{(r)} = 1$ , если  $i = l$ , и т. наз. однородную подгруппу аффинных преобразований, получающуюся при  $a_i = 0$  и содержащую  $n^2$  параметров  $a_i^{(r)}$ .

При исследовании целого ряда вопросов теоретич. физики, геометрии и т. д. особенно важное значение приобретают понятия И. группы и инвариантных урий группы. Как было уже сказано выше, И.



группы преобразований  $[T]$  называется такой ф-ия координат  $x^{(1)}$  и  $x^{(2)}$  двух каких-либо произвольно взятых точек многообразия  $M_n$ , к-рая не меняет своего вида при всех преобразованиях, входящих в состав данной группы. Т. о. если

$$I = I(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, x_3^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}, x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, x_3^{(2)}, \dots, x_n^{(2)}) \quad (12)$$

есть И. данной группы, то должно иметь место равенство

$$I(\bar{x}_1^{(1)}, \bar{x}_2^{(1)}, \bar{x}_3^{(1)}, \dots, \bar{x}_n^{(1)}, \bar{x}_1^{(2)}, \bar{x}_2^{(2)}, \dots, \bar{x}_n^{(2)}) = I(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, x_3^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}, x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, x_3^{(2)}, \dots, x_n^{(2)})$$

при всех преобразованиях данной группы; так, для группы параллельного переноса (11) И. будет

$$I_t = x_i^{(2)} - x_i^{(1)} \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (12')$$

так как  $I_t = \bar{x}_i^{(2)} - \bar{x}_i^{(1)} = x_i^{(2)} + a_t - x_i^{(1)} - a_t = x_i^{(2)} - x_i^{(1)} = I_t$ .

Инвариантным ур-ием данной группы преобразований  $[T]$  называется такое ур-ие, содержащее координаты каких-либо двух точек многообразия  $M_n$ ,

$$I(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, x_3^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}, x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_n^{(2)}) = 0, \quad (13)$$

к-рое имеет при всех преобразованиях группы те и только те решения, что и ур-ие

$$I(\bar{x}_1^{(1)}, \bar{x}_2^{(1)}, \bar{x}_3^{(1)}, \dots, \bar{x}_n^{(1)}, \bar{x}_1^{(2)}, \bar{x}_2^{(2)}, \dots, \bar{x}_n^{(2)}) = 0, \quad (13')$$

рассматриваемое как уравнение относительно  $x_i^{(1)}$  и  $x_i^{(2)}$ . Если дана какая-либо ф-ия (12) координат  $x_i^{(1)}$  и  $x_i^{(2)}$ , то совокупность всех преобразований, при к-рых эта ф-ия сохраняет свой вид, образует группу точно так же, как все преобразования, сохраняющие инвариантность данного ур-ия (13).

В частной теории относительности Эйнштейна и в электродинамике имеет фундаментальное значение особая подгруппа аффинной группы в  $M_4$ , называемая общ. ею группой Лоренца и имеющая следующий инвариант:

$$I = (x_1^{(2)} - x_1^{(1)})^2 + (x_2^{(2)} - x_2^{(1)})^2 + (x_3^{(2)} - x_3^{(1)})^2 - c^2 (x_4^{(2)} - x_4^{(1)})^2. \quad (14)$$

Кроме того встречается аффинная подгруппа преобразований в  $M_4$ , имеющая инвариантное уравнение той же формы, что и (14), т. е. инвариантное ур-ие

$$I = (x_1^{(2)} - x_1^{(1)})^2 + (x_2^{(2)} - x_2^{(1)})^2 + (x_3^{(2)} - x_3^{(1)})^2 - c^2 (x_4^{(2)} - x_4^{(1)})^2 = 0. \quad (14')$$

Последняя группа преобразований носит название расширенной группы Лоренца. Аналогично можно говорить об общей и расширенной группах Лоренца в многообразиях  $M_n$ . В последнем случае формулы аффинного преобразования имеют следующий вид (из ф-лы 7):

$$\left. \begin{aligned} \bar{x}_1 &= a_1 + a_1^{(1)} x_1 + a_2^{(1)} x_2 \\ \bar{x}_2 &= a_2 + a_1^{(2)} x_1 + a_3^{(2)} x_2 \end{aligned} \right\}. \quad (15)$$

Или если обозначить для простоты  $x_1$  и  $x_2$

через  $x$  и  $t$ , а коэф-ты  $a_1, a_1^{(1)}, a_2^{(1)}, a_2, a_1^{(2)}, a_2^{(2)}$  соответственно через  $a, a_1, a_2, b, b_1, b_2$ , то получим:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= a + a_1 x + a_2 t \\ \bar{t} &= b + b_1 x + b_2 t \end{aligned} \right\}. \quad (15')$$

Подставляя значения (15') в равенство

$$\begin{aligned} (x^{(2)} - x^{(1)})^2 - c^2 (t^{(2)} - t^{(1)})^2 = \\ = (x^{(2)} - x^{(1)})^2 - c^2 (t^{(2)} - t^{(1)})^2, \end{aligned} \quad (16)$$

выражающее требующуюся инвариантность, и произведя соответствующие преобразования, получим следующие соотношения между коэффициентами:

$$a_1^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \quad b_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad b_1 = -\frac{v}{c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (17)$$

где  $v = -\frac{a_2}{a_1}$ ; при этом группа преобразований (15') принимает следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= a + \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad \bar{t} = b + \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned} \right\}. \quad (18)$$

Полученная группа Лоренца в  $M_2$ , имеющая И. (16), называется частной группой Лоренца и имеет фундаментальное значение как в частной теории относительности, так и в новейшей волновой механике (de Broglie и др.).

Теория И. и соответствующих групп преобразований имеет крупное значение, т. к. по современным воззрениям как свойства пространства, так и основные свойства законов природы не зависят от координатных систем, т. е. они инвариантны по отношению к преобразованию координат. Об И. с точки зрения тензорного анализа см. *Тензорное исчисление*.

В теоретич. механике играют известную роль так наз. интегральные И., существование которых в простейших случаях заключается в следующем. Допустим, что имеется система дифференциальных ур-ий:

$$\frac{dx_1}{dt} = X_1, \quad \frac{dx_2}{dt} = X_2, \quad \dots, \quad \frac{dx_n}{dt} = X_n, \quad (19)$$

где  $X_1, X_2, \dots, X_n$  — некоторые ф-ии переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и  $t$ . Если принять переменные  $x_i$  за координаты пространства  $n$  измерений, а  $t$  рассматривать как меру времени, то совокупность дифференциальных уравнений (19) определит некоторое семейство кривых ( $D$ ). Ур-ия движения точки по какой-либо из кривых семейства ( $D$ ), а тем самым и вид кривой соответствуют определенным начальным условиям движения, т. е. значениям координат  $x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0$ , имевшим место в момент  $t^0$ . Обозначим это начальное положение точки через  $P^0$ , а положение ее в момент  $t$  через  $P$ . Допустим, что мы рассматриваем вариации координат при перемещении  $P^0$  по нек-рой кривой  $C^0$  или при соответствующем перемещении  $P$  по кривой  $C'$ , и возьмем далее интеграл

$$I = \int Q_1 \delta x_1 + Q_2 \delta x_2 + \dots + Q_n \delta x_n, \quad (20)$$

где  $Q_i$  — нек-рые ф-ии переменных  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  и  $t$ , а интеграл взят вдоль кривой  $C'$ .

Если перемещать точку  $P^0$  по  $C^0$ , то  $x_i^0$  будут ф-ями некоторого параметра  $\mu$ , принимающего на крайних точках  $C^0$  некоторые значения  $\mu_0$  и  $\mu_1$ . С другой стороны, переменные  $x_i$  суть ф-ии от  $x_i^0$  и  $t$ . Поэтому вдоль дуги  $C'$  координаты  $x_i$  суть также ф-ии параметров  $\mu$  и  $t$ , причем при интегрировании (20) следует считать  $t = \text{Const}$ . Если затем начать изменять время  $t$ , то пределы интегрирования останутся  $\mu_0$  и  $\mu_1$ , но так как элемент интегрирования зависит от  $t$ , то и  $I$  в общем будет зависеть от  $t$ . Может случиться однако, что  $I$  окажется независимым от времени  $t$ , какова бы ни была дуга  $C'$ . Такой интеграл и называется интегральным  $I$ .

Интегральные  $I$ . более сложных форм связаны с т. н. гамильтоновыми и каноническими ур-ями движения и нашли применение при исследовании вопросов, связанных с устойчивостью тел, в т. н. статистич. механике, в кинетик. теории газов, в термодинамике и других науках. Интегральные  $I$ . были впервые исследованы Пуанкаре.

Лит.: Клейн Ф., О геометрии, основанной Лоренцовой группы, сборник «Новые идеи в математике», СПб, 1914, 7; Фредерикс В. и Фридман А., Основы теории относительности, Л., 1924; Апель П., Теоретич. механика, т. 2, М., 1911; Lie Sophus, Theorie d. Transformationsgruppen, B. 1—3, Lpz., 1888—93; Lie Sophus, Vorlesungen über kontinuierl. Gruppen. Zur Einführung in die Theorie derselben, bearb. u. hrg. v. G. Scheffers, Lpz., 1891; Клейн Ф., Über die geometrischen Grundlagen d. Lorenzgruppe, Jahresbericht d. Deutsch. Mathematiker-Vereinigung, Leipzig, 1910, B. 19; v. Laue M., Die Relativitätstheorie, B. 1, Braunschweig, 1921; Blaschke W., Vorlesungen über Differentialgeometrie u. geometr. Grundlagen v. Einsteins Relativitätstheorie, B. 2, B., 1923; Weyl H., Raum, Zeit, Materie, 5 Auflage, B., 1923; Poincaré H., Acta Mathematica, P., 1890, v. 13; Poincaré H., Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste, v. 3, P., 1899; Cartan E., Leçons sur les invariants intégraux, P., 1922; Jeans J. H., The Dynamical Theory of Gases, Cambridge, 3 ed., 1921; Levi-Civita T., ed. A m a l d i U., Lezioni di meccanica razionale, v. 2, parte 2, Bologna, 1927; Whittaker E. M., Analytische Dynamik der Punkte und starren Körper, Berlin, 1924; Appell P., Traité de mécanique rationnelle, v. 2, Paris, 1924, v. 5, Paris, 1925; Сартану Ж., Cours de géométrie analytique, Paris, 1904; Ньюеллоу Ску Э., Cours de géométrie analytique, v. 1—3, Paris, 1911—14. М. Серброшников.

**ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ**, выяснение в натуре, описание, оценка и подсчет вещественных ценностей и расчетов (прав и обязательств) на определенный момент. Полная  $I$ . распространяется на все хозяйство; частичная—только на часть его (отдел, отделение, цех и пр.) или на известную группу ценностей.

При описании и ценностной точно устанавливается: а) время проверки; б) точное название предметов; в) местонахождение—по плану, по номеру и названию помещения, а при нахождении вне данного хозяйства—точное его местопребывание и условия последнего (в аренде, залоге, на хранении, комиссии, в ремонте); г) принадлежность чужих объектов с указанием условий и оснований (залог, хранение, переработка, комиссия); д) главнейшие технич. признаки—тип, марка, год постройки, фирма, система, конструкция, материал, мощность, давление, размер; е) качественное состояние—износ, степень годности по полезному действию, по времени поступления, по расходам эксплуатации, по негодности действия,

по ненадежности и неудобству работы, по устарелой конструкции; ж) количество в определенном измерении—по объему, длине, площади, поштучно; особо отмечается, как установлено это количество: сплошной проверкой или выборкой; з) степень готовности. По расчетам указывается: контрагент, характер расчета, документальное обоснование, дата и № документа, сроки платежей, размер расчета, реальность; долг причисляется к сомнительным в случае несостоятельности контрагента, направления дела в суд, спорности претензии, а к безнадежным—в случае отказа судом в иске, истечения давности, неуровыска должника. Особо отмечаются на основе документов те реальные авансовые расходы и доходы, которые относятся к будущему времени, как напр. вперед уплаченная или полученная арендная плата.

Оценка инвентаризируемых предметов производится: либо по стоимости приобретения, заготовки и производства (по себестоимости); либо по рыночным, биржевым, регламентированным продажным или покупным ценам; либо по восстановительной стоимости (стоимости воспроизводства); либо по реально возможной выручке в зависимости от годности, доходности и т. п. условий. Чужие, подлежащие возврату предметы оцениваются по указанию их владельцев, а при отсутствии такого указания—в обычном порядке или в условной сумме. В целях обеспечения правильности баланса и налогового обложения методы оценки обычно регламентируются законодательством. Наше законодательство устанавливает следующие правила. а) Земельные участки, месторождения ископаемых, леса и воды учитываются только количественно, без денежной оценки. В капиталистич. странах, где перечисленные объекты участвуют в гражданском обороте, они оцениваются на общих основаниях. До декрета о трестах от 29 июня 1927 г. эти объекты у нас показывались со справкой об их довоенной оценке. б) Строения, сооружения, машины, оборудование, инвентарь и т. п. имущество как законченные, так и незаконченные оцениваются по фактич. стоимости сооружения, постройки или приобретения, включая расходы по перевозке, установке и подготовке к действию. Исключение составляют предметы, сооруженные до установления твердой червонной валюты. Эти объекты раньше показывались в довоенной оценке с учетом износа; в настоящее время они переоценены в червонные рубли с учетом износа на дату их переоценки, и выявленная таким образом их оценка принимается за исходную. Оценка имущества остается во все время его существования неизменной, а износ его характеризуется амортизационными отчислениями (см. Амортизация). в) Котирующиеся ценные бумаги и иностранная валюта оцениваются по курсу Московской фондовой биржи на день  $I$ ., а некотирующиеся—по стоимости покупки за вычетом включенных в нее организационных расходов. В описях особо указывается номинальная стоимость бумаг. г) Материально-товарные ценности оцениваются по

себестоимости. Для товаров, в тех случаях, когда себестоимость превышает продажные цены, особо указываются также и последние; на разницу в оценках по себестоимости и продажным ценам составляется особый резерв. д) Расчеты (права и обязательства) по открытым счетам, распискам, векселям и прочим документам показываются в полной сумме; безденежные долги, до истечения давности, оцениваются в один рубль каждый, с отметкой об их полной первоначальной сумме; по сомнительным долгам отмечается особо размер сомнительной части, которая резервируется в балансе. Расчеты в иностранной валюте показываются в последней с пересчетом в рубли по курсу Московской фондовой биржи на день И. е) Расходы и доходы, относящиеся к будущему времени, показываются в сумме, оставшейся непогашенной прошлыми операциями.

Подсчитанные объекты классифицируются применительно к структуре и номенклатуре баланса по разделам и группам (имущество, материалы, товары, денежные средства, дебиторы и т. д.), которые в свою очередь детализируются (напр. имущество—на здания, машины, оборудование; здания—на производственные, обслуживающие, жилые, а равно на каменные, деревянные и т. д.). Получаемая таким образом систематич. опись называется инвентарной описью и служит основой для инвентарного баланса.

И. обычно поручается определенным лицам или комиссиям, состоящим из счетных работников и инженеров или техников; эти лица или из центра инструктируют и контролируют работу или же на местах непосредственно производят И. Непосредственные работники по И. снабжаются специальными ведомостями, бланками, ярлыками, старыми описями и всеми необходимыми приспособлениями для обмера, подсчета и оценки. Для облегчения И. предметы обыкновенно заблаговременно размещаются по однородным группам, сортам, размерам и развесам. И. производится в порядке расположения имущества по корпусам, отделам и цехам. Предметы описываются и учитываются индивидуально, комплектами или целыми группами, в зависимости от их природы и ценности. Количество определяется или а) непосредственной проверкой, обмером и взвешиванием, или б) по пробным партиям, с последующим исчислением всего количества по взятым пробам; в) наконец количество устанавливается по бесспорным документам—накладным, надписям на упаковке и пр. Определение количества по пробе или по документам практикуется гл. обр. для громоздких и крупных партий, а равно там, где непосредственная проверка вызовет потери от распуска, утечки, усушки и порчи или лишние расходы, замедление работы и т. п. На проверенных предметах обычно делается особая отметка, а именно наклеивается ярлык, прибавляется инвентарный номер, ставится знак. Обычно каждому предмету имущества, входящего в состав основного капитала, присваивается постоянный инвентарный номер. Целесообразно устанавливать нумерацию по

категориям имущественных объектов; напр. для зданий № 1—500, для машин—№ 501—1 000 и т. д., разбивая затем каждую категорию на более мелкие группы.

Инвентарные ведомости подписываются лицами, производившими И., и лицом, хранящим имущество. По окончании И. лица, производившие ее, составляют акт и отчет и вместе с подписанными ими инвентарными описями сдают управлению хозяйствам.

Лит.: Гинабург А., Техника инвентаризации, М.—Л., 1927; Герстнер П., Анализ Баланса, М., 1926; Вейцман Н. Р., Курс балансоведения, гл. 10 и 11, М., 1928; Энциклопедия торгового счетоводства, под ред. Р. Д. Вейцмана, М., 1926; Законодательство по бухгалтерской отчетности, под ред. А. Локшина, гл. 7 и 8, М.—Л., 1928; Собрание законов СССР, 1927, 63, стр. 636, 1928, 1, стр. 2. См. также Амортизация, Баланс. А. Лешини.

**ИНВЕРСИЯ в математике.** 1) И. в теории соединений, нарушение нормального порядка двух элементов в перестановке независимо от того, стоят ли эти два элемента рядом или отделены друг от друга промежуточными элементами. Перестановка, в которой порядок элементов принимается за нормальный, называется главной.

Пример. В перестановке  $eaсbd$  элементы  $a$ ,  $i$ ,  $e$ ,  $s$ ,  $i$ ,  $e$ ,  $b$ ,  $i$ ,  $e$ ,  $d$ ,  $i$ ,  $e$ ,  $b$ ,  $i$  образуют И., если за главную принять перестановку  $abcde$ .

Перестановки без И. или с четным числом И. называются перестановками четного типа, а перестановки с нечетным числом И.—перестановками нечетного типа. Число перестановок того и другого типа из данного числа элементов одинаково. Для определения числа И. в данной перестановке нужно подсчитать элементы, стоящие перед элементом, к-рый в главной перестановке занимает первое место, затем, вычеркнув его, подсчитать элементы, стоящие перед вторым элементом (главной перестановки) и т. д.; сумма найденных чисел представит число инверсий в перестановке. Так, в приведенном выше примере, в перестановке  $eaсbd$ —одна И. относительно  $a$ ; в перестановке  $eaсbd$ —две И. относительно  $b$ ; в  $eaсd$ —одна И. относительно  $c$ ; в  $ed$ —одна И. относительно  $d$ ,—всего пять И.: так. образ. перестановка в этом случае нечетного типа. Перестановкам четного типа сопутствует знак «плюс», перестановкам нечетного типа—«минус». И. находят применение напр. в теории определителей.

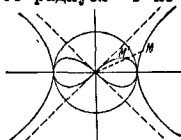
2) И. в геометрии, преобразование обратными радиусами  $n$ , на плоскости состоит в следующем: задается окружность данного радиуса  $R$  с центром в точке  $O$  (центр  $I$ ). Любой точке  $M$  плоскости соответствует точка  $M'$ , лежащая на полупрямой  $OM$  на расстоянии, удовлетворяющем равенству:  $OM \cdot OM' = R^2$  (соответствие взаимное). Так. обр. при И. область, внешняя относительно круга, переходит во внутреннюю; и обратно; центр  $I$ . переходит в бесконечно удаленную точку плоскости (предполагаемую единственной). Формулы И. (если центр  $I$  лежит в начале координат) для  $M(x, y)$  и  $M'(x', y')$ :

$$x' = \frac{R^2 x}{x^2 + y^2}, \quad y' = \frac{R^2 y}{x^2 + y^2}.$$

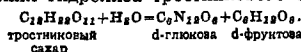
Окружности и прямые при инверсии переходят в окружности (в частном случае, окружности переходят в прямые).

Пример. Равнобочная гипербола  $x^2 - y^2 = 1$  при И. в круге радиуса  $= 1$  переходит в лемнискату  $(x^2 + y^2) - R^2(x^2 - y^2) = 0$  (см. фиг.).

Инверсия в пространстве определяется аналогично, с заменой окружности поверхности шара.



**ИНВЕРСИЯ** в химии, гидролиз полисахаридов; термин И. чаще применяется для обозначения гидролиза тростникового сахара:

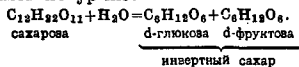


Процесс гидролиза полисахаридов связан с изменением направления вращения плоскости поляризации; например тростниковый сахар вращает плоскость поляризации вправо ( $[\alpha]_D^{20} = +86,67^\circ$ ), а продукт его превращения — инвертный сахар (см.) — влево, а именно,  $[\alpha]_D^{20} = -20,59^\circ$ .

И. протекает под каталитич. влиянием минеральных к-т или природных катализаторов — энзимов. И. тростникового сахара служила объектом многочисленных исследований как в области химич. кинетики, так и в области изучения природы каталитич. явлений (см. *Катализ*). Скорость И. в случае разбавленных растворов к-т (т. е. при полной диссоциации их) пропорциональна концентрации водородных ионов; в случае концентрированных к-т наблюдаются заметные отклонения в сторону возрастания констант, и потому нельзя считать вполне установленным, что каталитическим агентом являются только ионы водорода.

К энзимам, вызывающим И., относятся: инвертаза (инвертин), мальтаза, лактаза, раффиназа и др. Энзимы обладают специфич. действием; так например, мальтаза гидролизует только мальтозу и инактивна по отношению к тростниковому сахару, к-рый подвергается И. под влиянием инвертазы. С. Медведов.

**ИНВЕРТНЫЙ САХАР**, инвертированный сахар, продукт инверсии (см.) сахарозы, представляющий собой смесь равных количеств d-глюкозы и d-фруктозы. Инверсия сахарозы происходит под влиянием кислот и энзимов по ур-ию:



Скорость инверсии зависит от концентрации сахарозы и кислоты, природы кислоты и температуры. Константа инверсии, по Вильгельми (Wilhelmy), равна

$$K = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x},$$

где  $a$  — количество молей (т. е. граммолекул) сахарозы в 1 л,  $x$  — количество молей в 1 л инвертного сахара, образовавшегося за время  $t$ . Т. о. скорость инверсии в каждый данный момент пропорциональна концентрации негидролизованной сахарозы. Инверсионная энергия кислот, в случае слабой концентрации, пропорциональна концентрации водородных ионов. По Оствальду, инвер-

сионные константы различных к-т при  $25^\circ$  и при концентрации, равной  $0,5N$ , выражаются следующими величинами, если принять константу для соляной к-ты за 100:

Соляная к-та . . . . .	100,0	Лимонная к-та . . . . .	1,72
Азотная » . . . . .	100,0	Муравьиная » . . . . .	1,58
Серная » . . . . .	83,8	Яблочная » . . . . .	1,27
Щавелевая » . . . . .	18,87	Молочная » . . . . .	1,07
Сернистая » . . . . .	15,16	Уксусная » . . . . .	0,40
Фосфорная » . . . . .	6,21		

Концентрированные кислоты повышают константу инверсии; кислые соли различных к-т обладают инверсионной способностью, средние же соли оказывают влияние на скорость инверсии или в сторону ускорения или в сторону замедления. Т. о. скорость инверсии зависит не только от концентрации водородных ионов  $[H^+]$ . При полной инверсии 1 вес. ч. сахарозы дает 1,053 вес. ч. И. с.

В технике И. с. готовят нагреванием 80%-ного сахарного сиропа с 0,05% соляной к-ты (или с 0,2% муравьиной, винной или лимонной к-ты) до  $95 - 100^\circ$ ; затем нейтрализуют к-ту содой. По Герцфельду (Herzfeld), И. с. получают след. обр.: растворяют 125 г винокамменной к-ты в 25 л воды, смешивают раствор с 100 кг сахара и нагревают на паровой бане до  $103^\circ$  в продолжение получаса; полученный горячий раствор И. с. фильтруют через полотно; охлажденный сироп сильно загустевает и может идти в пищу без нейтрализации.

Свежеприготовленный концентрированный раствор И. с. совершенно прозрачен, но при стоянии, особенно на свету, мутнеет вследствие кристаллизации глюкозы. Свойства И. с. определяются вполне свойствами углеводов, входящих в его состав, т. е. d-глюкозы и d-фруктозой. И. с. легко растворяется в воде и разбавленном спирте; плоскость поляризации вращает влево; удельное вращение его зависит от концентрации и в сильной степени от  $t^\circ$ , а также и от реакции среды. В кислой среде И. с. имеет удельное вращение

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{-27,0 + 0,044p - 0,53t}{1,053},$$

где  $p$  — концентрация И. с.,  $t$  — температура. При  $p = 10\%$  и  $t = 20^\circ$

$$[\alpha]_D^{20} = -20,59^\circ.$$

В нейтральной среде И. с. имеет удельное вращение несколько меньшее, а именно:

$$[\alpha]_D^{20} = -19,447 - 0,06068p + 0,000221p^2.$$

При  $p = 10\%$  и  $t = 20^\circ$

$$[\alpha]_D^{20} = -20,02^\circ.$$

Влияние температуры на величину удельного вращающего, по Гюббе (Gübbe), выражается следующими ф-лами:

при  $t = \text{от } \theta \text{ до } 30^\circ$

$$[\alpha]_D^t = -[\alpha]_D^{20} + 0,3041(t - 20) + 0,00165(t - 20)^2;$$

при  $t = \text{от } 30 \text{ до } 100^\circ$

$$[\alpha]_D^t = -[\alpha]_D^{20} + 0,3246(t - 20) + 0,00021(t - 20)^2.$$

И. с. обладает восстанавливающими свойствами и редуцирует медь из фелингова раствора. Этим свойством пользуются для количественного определения И. с. Для этого к 50 см<sup>3</sup> фелингова раствора прибавляют 25 см<sup>3</sup> исследуемого раствора, содержащего не более 1% И. с., объем доводят до 100 см<sup>3</sup>,

нагревают до кипения и кипятят точно 2 минуты. По количеству выпавшей закиси меди, по табл. Мейсля (Meissl), определяют количество И. с. [2]. Между выпавшей медью и И. с. существует такое соотношение:

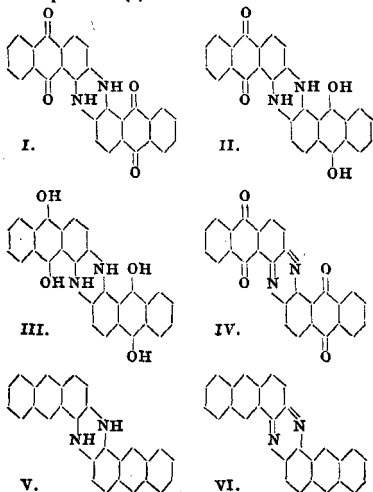
$$y = -1,0845 + 1,9864x - 0,0008978x^2,$$

где  $y$  — количество меди в мг,  $x$  — количество И. с. в мг.

И. с. является легко усвояемым пищевым продуктом, содержится в плодах, ягодах, овощах и пр.; служит материалом для приготовления искусственного меда. Присутствие технич. И. с. в меде обнаруживается при помощи реакции Фиша (Fische), для чего несколько г меда растирают в ступке с эфиром, эфирную вытяжку сливают, дают эфиру улетучиться при комнатной  $t^\circ$  и к остатку прибавляют несколько капель свежеприготовленного 1%-ного раствора резорцина в конц. HCl. В присутствии технич. И. с. получается оранжевое, переходящее в вишневое-красное окрашивание. Эта реакция основана на том, что при инвертировании сахарозы к-тами продукт распадается левулозу,  $\beta$ -окси- $\delta$ -метилфурфурол, дает цветную реакцию с резорцином.

Лит.: 1) L i p p m a n B., Die Chemie d. Zuckerarten, 3 Aufl., Halbband 2, p. 1261 u. ff., Lpz., 1904; 2) Демьянов Н. Я., Общие приемы анализа растительных веществ. Агрономич. химия, стр. 75—88, М.—П., 1923. И. Щербанов.

**ИНДИАНТРЕН**, правильное и н д а н т р е н, синий антрахиноновый кубовый краситель (см.), обладающий выдающейся прочностью к мытью и свету; по химич. строению он представляет собой диантрахинондигидроазин строения (I).



И. был впервые получен Р. Боном [1] в 1901 г. при сплавлении  $\beta$ -аминоантрахинона со щелочами. Этот путь получения И. оказался наиболее удобным и для технич. производства. В нагретый до  $250^\circ$  плав едкого кали вносят по частям  $\beta$ -аминоантрахинон в количестве  $\frac{1}{3}$  от взятого едкого кали и при размешивании нагревают  $\frac{1}{2}$  часа при  $250^\circ$  [1, 2]. Плав разбавляют водой и осаждают

содержащуюся в нем калиевую соль лейкосоединения И. продуванием воздуха. Выпавший в осадок краситель очищают растворением в щелочном растворе гидросульфита, и из фильтрованного раствора осаждаются либо лейкоиндиантрен поваренной солью либо готовый краситель продуванием воздуха. Степень чистоты И. сильно влияет на его прочность к хлору и окислителю. При этом метода выход И. составляет 48% теоретического. Некоторые патенты предлагают добавлять окислитель в плав И., но целесообразность этого не подтверждается экспериментальными данными, тем более что часто добавление окислителя вызывает бурную, доходящую до взрыва, реакцию. В плаве И. всегда присутствуют в различных количествах ализарин и флавантрен. Соотношение их количеств зависит от  $t^\circ$  плава: более низкая  $t^\circ$  способствует образованию ализарина, более высокая ( $310^\circ$ ) — образованию флавантрена. Объяснение их совместного образования по Швенку см. [3].

Лучшие выходы И., близкие к количественным, получаются при конденсации двух молекул 1-амино-2-бромантрахинона в нитробензоальном или нафталиновом растворе (по Ульману) в присутствии безводной уксусонатриевой соли и каталитически действующего медного порошка [5]. Для И. этот синтез имеет лишь теоретич. интерес, подтверждая строение И. Высокая же стоимость исходного продукта не позволяет этому способу конкурировать с методом щелочного плавления  $\beta$ -аминоантрахинона. Из остальных синтезов И. следует отметить [4] метод действия хлора на  $\alpha$ -аминоантрахинон при  $220^\circ$ . Целый ряд синтезов И., не имеющих технич. значения, см. [2, 4, 5]. Интересна работа Р. Люлена [7], имеющая пока только теоретический интерес. 48%-ный выход И. при щелочном плавлении является побуждающим стимулом для дальнейшего усовершенствования метода щелочного плавления, и исследование в этой области продолжается. И. может давать два различных лейкопродукта (II и III) и продукт окисления, имеющий строение азина (IV). Первые два переходят обратно в И. при действии кислорода воздуха, последний же — при умеренном восстановлении. При действии сильных восстановителей И. переходит в антраценовое производное (V), к-рое при окислении образует не И., а азин строения (VI). Более глубокая окраска лейкосоединения (II) и продукта окисления (IV) является интересным материалом для объяснения связи между строением и цветностью [8]. И. обладает выдающейся прочностью к свету и мытью, но его прочность к окислителю, и особенно к хлору, заставляет желать лучшего. Нек-рые галлоидпроизводные И. [9], поступающие в продажу под названием И. с и е г о GCD, имеют более повышенную прочность к хлору.

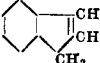
И. и его производные являются весьма распространенными кубовыми красителями и находят применение не только в печати и крашении, но и в литографском деле для замены мало прочного ультрамарина. Серьезными конкурентами И. являются тетраброминдиго, гидрон-синий и пирогеновый синий. В последнее время

И. стал собирательным термином для ряда кубовых красящих веществ, отвечающих определенным требованиям прочности.

К индантроновым красителям относятся: 1) ациламиноантрахиноны, как индантронный желтый СК, представляющий дибензоил-1,5-диаминоантрахинон, и ряд других; 2) антримиды, как индантронный бордо В, получаемый конденсацией (по Ульману) 1,5-дихлорантрахинона с  $\beta$ -аминоантрахиноном и др.; 3) красители, содержащие конденсированные антрахиноновые ядра, как *виолантрон* (см.) и другие производные *бензантрона* (см.), пириновые и периленовые производные; 4) красители, содержащие гетероциклич. ядра, как собственно индантрон, содержащий дигидроазиноное кольцо, антрахинон-акрилоны, антрахинон-ксантоны, антрахинон-тиоксантоны и антрахинон-карбазолы.


Лит.: 1) \*В., 1903, В. 36, р. 930, 1910, В. 43, р. 999; 2) F i e r z d a v i d Н. Е., Künstliche organische Farbstoffe, В., 1926; 3) C a i n J. а. T h o r p e I., The Synthetic Dye-stuffs, L., 1923; 4) de V a e r g y В a g n e t E., Anthracene а. Anthraquinone, New York, 1924; 5) Г. П. 158287; F r i e d l a e n d e r P., Fortschritt. Teerfarbenfabrikation und verwandter Industriezweige, Т. 8, р. 531, Berlin, 1921; 6) F r i e d l a e n d e r P., Ibid., Т. 1—15, В., 1920—28; 7) L u l e c k R. N., «Journ. of the Amer. Chem. Society», Weh., 1927; 8) S c h o l l, \*В., 1903, В. 36, р. 3410, 3437, 3710, Ibid., 1907, В. 40, р. 424; 9) Г. П. 287590, 234950/24.

**ИНДЕН**,  $C_9H_8$ , жидкий углеводород, открытый во фракциях сырого бензола, кипящих при 176—182°; молекула И. состоит из двух конденсированных ядер—бензолъно-

го и пятичленного—пентадиена 

И. представляет собою светложелтое масло с  $t_{кип}^{10}$  179,5—180,5°,  $t_{замер.}^{10}$  -2°, уд. в. 1,002—1,008; на воздухе неустойчив, окисляется и превращается, особенно быстро при нагревании, в полимеризованный продукт. И. обладает слабо кислым характером; водород группы  $CH_2$  может легко замещаться щелочными металлами; так, при нагревании до 100° с натрием или амидом натрия, И. дает соль—натрий-инден,  $C_9H_7Na$ . Для И. характерен трудно растворимый пикрат, кристаллизующийся в желтых иглах; им пользуются для выделения индена (при сильном охлаждении) из каменноугольного дегтя и светильного газа. И. может быть получен также и синтетически различными способами; удобнее всего его готовить из гидрокоричной кислоты.

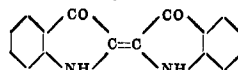
Из производных И. наиболее важны: гидр-

инден , находящийся также

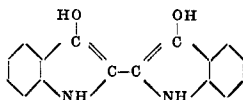
в каменноугольном дегте, синтетически получаемый восстановлением И. натрием в спиртовом растворе; метил- и диметил-инден, находящиеся во фракциях каменноугольного дегтя, кипящих при  $t^{\circ}$  220—230°. И. еще не нашел себе технического применения; его полимеризованный продукт применяется при производстве лаков.

**ИНДИГО**, синий кубовый краситель, являющийся родоначальником класса и н д и г о и д н ы х красящих веществ.

И. в чистом виде, называемое индиготином, имеет химическое строение:

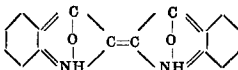


и представляет собой синий кристаллич. порошок, бронзирующий при растирании, нерастворимый в воде, водных к-тах и щелочах, мало растворимый в спирте. И. хорошо растворимо в кипящем анилине, нитробензоле, феноле, нафталине и особенно во фталевом ангидриде, из которого кристаллизуется в крупных синих призмах. И. растворяется с сине-зеленым цветом в крепкой серной кислоте и при стоянии или нагревании раствора переходит в сульфокислоту. И. легко восстанавливается в белое И. строения:

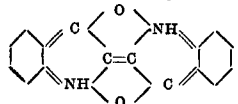


а при действии окислителей переходит в *изатин* (см.). Более подробно физич. и химич. свойства И. см. [1].

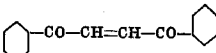
Приведенная выше структурная формула И., предложенная А. Вайером, и до сих пор еще не встретила единодушного признания, хотя характерная пухляковская группировка и легла в основу классификации индигонных красящих веществ (см.). Некоторые свойства И., главным образом его мономолекулярность как в парах, так и в растворе, несмотря на наличие весьма реакциспособной и галохромной (см. Галохромия) присоединенной карбонильной группы, заставляли предполагать, что в молекуле И. имеют место внутримолекулярные связи между карбонильными и имидными группами. М. Клаш (M. Claas) [2] предложил для И. формулу



к-рая не вполне соответствует нерастворимости И. И. Ляфши и Г. Лури [3] вложили в вышеприведенную формулу, приняв галохромную связь за счет остаточных средств кислорода карбонильной и имидной групп. В. Маделунг [4] для объяснения стойкости молекулы И. предполагает, что в молекуле И. имеется связь между карбонильной и имидной группами разных ядер, обуславливающая образование двух новых циклов, почему он и придает И. строение



с наличием двух ортохиноидных ядер; при этом предположении И. есть производное транс-формы дибен-

зоилэтилена  Формулу

В. Маделунг можно вложить, заменив связь между карбонильными и имидными группами соответственно галохромным представлением. Окончательное установление ф-лы строения И. принадлежит будущему.

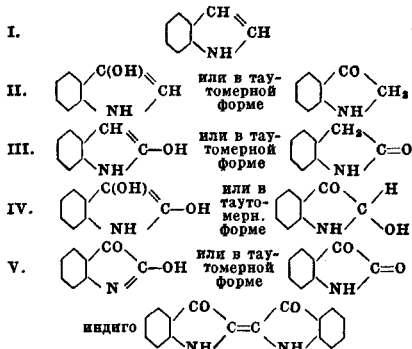
До конца 19 века И. представляло собой продукт исключительно естественного, растительного происхождения, получавшийся в больших количествах из индигонных растений (индигоски, семейства мотыльковых)—*Indigofera tinctoria*, *Isatis tinctoria*, *Polygonum tinctorium* и других, в зеленых

листьях и стеблях к-рых И. находится в виде глюкозида и д и к а н а; содержание индикана в стеблях доходит до 0,2%, в листьях—до 0,5%. Ввиду того, что наиболее богаты И. культуры растений выращивались в тропич. колониях (Ява, Филиппинские острова, Ост-Индия и др.), естественное И. носило также название к о л о н и а л ь н о г о И. На юге России, а также в средней Германии культивировалось (преимущественно в средние века) индигоносное растение *Isatis tinctoria*, т. наз. в а й д а [4], но содержание И. в нем было незначительно по сравнению с тропич. культурами, и культура вайды не выдержала конкуренции с колониальным И. Выход И. при получении его из колониальных растений колеблется от 0,1 до 0,4% от веса сырого растения, в зависимости от культуры и условий переработки.

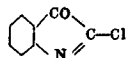
Для выделения И. из содержащегося в листьях и стеблях растений глюкозида свежесрезанные зеленые части растения помещают в специальные ямы, заливают водой и оставляют для брожения. Процесс образования сопровождается усиленным выделением углекислоты и длится 12—24 ч. При этом углевод глюкозида разрушается, и носителем И., по всей вероятности—производное индоксила (см. ниже), переходит в раствор, окрашивая его в желтый цвет. Полученный в бродильных ямах желтый раствор сливают в чаны, где при непрерывном помешивании он окисляется пропусканием воздуха; при этом индоксилное производное окисляется в И., и последнее в виде синих хлопьев выпадает в осадок, который отфильтровывают, промывают, отжимают на прессах и сушат, придавая ему форму, характерную для каждого сорта колониального И. Содержание индикогена в различных сортах колеблется от 90% (в лучших сортах бенгальского И.) до 10—15% (в худших сортах И. из вайды или И. эквадорского) [4]. Из примесей естественного И. с е д у е т отметить частицы древесины, попадающие при брожении, различные фальсифицирующие и наполняющие вещества, а также и получаемые вместе с И. красящие вещества, из которых главным является индиго р у б и н, или и н д и р у б и н (см. *Индиготиновые красящие вещества*). Качество естественного И. определяется либо пробными выкрасками либо чисто химич. путем [4]. Применение естественного И., начавшееся в древнеистории, времена, продолжается до наших дней, и лишь победоносное развитие производства искусственного И. в начале 20 в. сильно повлияло на уменьшение потребления и производства естественного И. В 1900 г. мировая продукция естественного И. оценивалась в 40 млн. р. при цене его от 2 до 10 р. за кг.

Громадное потребление естественного И. поставило перед химией задачу изыскать пути синтетич. получения И. Этой задаче должна была предшествовать другая—изучение и установление строения И. Честь разрешения обеих задач принадлежит Адольфу Байеру [4]. Исходным продуктом первых работ Байера был изатин; при перегонке изатина с цинковой пылью при высокой t° Байер получил в 1868 г. новое вещество, названное им индолом (I), к-рое он назвал

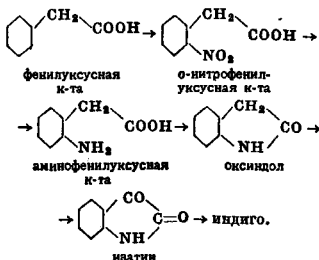
«основным веществом» («Muttersubstanz») И. Вслед за этим Байер в ряде работ получил и исследовал различные производные индола, к которым он отнес и И. Т. о. были получены: оксиндол (III) и диоксиндол (IV); исследованы: изатин (V) и изомерный с оксиндолом и д о к с и л (II), единственное соединение, которое, в отличие от всех остальных кислородных производных индола, при окислительном действии кислорода воздуха переходит в И. Т. о. была доказана генетич. связь И. с индолом и было предположительно указано строение И., что выражается в следующей таблице:



В 1870 году Байеру удалось воспроизвести обратный процесс получения И. из изатина. Хотя И. при окислении легко переходит в изатин, но обратный процесс не протекает при непосредственном восстановлении изатина. Лишь действие пятихлористого фосфора переводит изатин в изатинхлорид



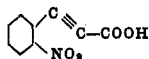
который при действии слабых восстановителей, как сернистый аммоний, переходит в И. Этот процесс нельзя еще считать синтезом И., т. к. исходный продукт—изатин—до тех пор являлся продуктом индигового происхождения. В виду этого усилия Байера и его школы были направлены к получению изатина из продуктов неиндигового происхождения. Эта задача была разрешена Байером (1878 г.), и т. о. был произведен первый истинный синтез И. по следующей схеме:



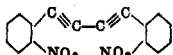
Первый синтез И. не мог иметь производст-

венного значения, так как исходные продукты обходились дорого и выход был незначителен. В 1880 году Байером был предложен новый синтез И., где исходным продуктом являлись производные фенилацетилена: *o*-нитрофенилпропиоловая к-та (I) или *o*-динитрофенилдиацетилен (II).

I.



II.



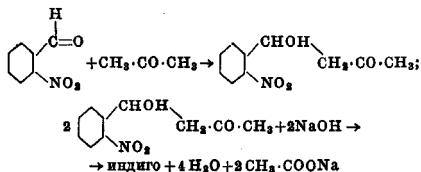
В 1882 г. Байер совместно с Дресеном предложил новый, не потерявший своего значения и в наше время синтез И., в котором исходным продуктом был *o*-нитробензальдегид



Исчерпывающая литература по всем вопросам, касающимся И., указана в [9].

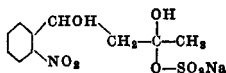
Число синтезов, разработанных и предложенных для получения искусственного И., исчисляется многими десятками. Производственное значение имеют пока лишь следующие синтезы: 1) нитробензальдегидный (А. Байера и Дресена), 2) фенилглициновый К. Геймана, 3) антралиновый К. Геймана, 4) хлоргидриновый BASF и 5) изатинный Т. Зандмейера.

1. Нитробензальдегидный способ Байера и Дресена является одним из наиболее изящных синтезов не только в области И., но в органической химии вообще. Он заключается в конденсации *o*-нитробензальдегида с ацетоном и обработке полученного нитрофениллактометилкетона молекулярным количеством едкого щелочи и протекает по следующей схеме:



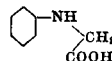
Для успешного проведения этого синтеза необходимо употреблять строго теоретич. количества реагентов, и тогда И. количественно выпадает из раствора в виде мелких синих кристаллов [10]. Несмотря на количественный выход, на несложную аппаратуру, на легкость процесса нитробензальдегидный синтез не нашел до сих пор широкого применения; им пользуются преимущественно для получения не самого И., а его производных. Причиной этого является неудовлетворительный выход получения самого *o*-нитробензальдегида: при непосредственном нитровании бензальдегида лишь 20% падает на долю *o*-продукта, из остальных 80% получается *m*-производное, не имеющее широкого применения. Целый ряд обходных путей, заключающихся в окислении *o*-нитробензилхлорида или даже *o*-нитротолуола, не при-

вели еще к вполне удовлетворительным результатам [11]. Лишь недорогой *o*-нитробензальдегид мог бы повлиять синтез Байера и Дресена вне конкуренции. Несмотря на это, попытка применения этого синтеза была сделана в 1893 г. фирмой Калле в Вибрихе на Рейне [12], которая выпустила на рынок растворимый в воде препарат И., названный ею и н д и г о в о й с о л ь ю (Indigosalz) и представлявший собою бисульфитное производное продукта конденсации *o*-нитробензальдегида с ацетоном, строения:



При действии щелочи, одновременно с разрушением бисульфитного производного, отщеплялась и уксусная кислота с образованием И. Первое время индиговая соль нашла применение для печатания, но была вытеснена гидросульфитом как более дешевым и удобным препаратом.

2. Ф е н и л г л и ц и н о в ы й синтез К. Геймана построен на совершенно ином принципе. Индоксил, в отличие от иных кислородных производных индола, дает при окислении кислородом воздуха индиго. Целью работ К. Геймана было получение индоксила. Исходным продуктом при этом синтезе был фенилглицин, фенилгликоль



получаемый весьма легко при конденсации хлоруксусной к-ты с анилином в присутствии щелочи или избытка анилина в водном растворе; конденсация протекает почти количественно; при сплавлении фенилглицина с едкими щелочами при 300° происходит замыкание индолового кольца, и получается индоксил, к-рый легко переходит в И. Недостатком фенилглицинового синтеза является недостаточный выход, не превышавший 60% теоретич. количества. Причина этого явления—высокая  $t_{\text{пл}}$ , при к-рой часть фенилглицина разлагается, не успев замкнуться в индоксил. В начале 20 в. было обнаружено, что амид натрия  $\text{NaNH}_2$  обладает способностью вызывать замыкание индолового кольца (сопровождающееся выделением частицы воды) при значительно более низкой  $t^\circ$  (190—210°); вследствие этого выход И. при применении амида натрия значительно поднялся и достиг 90—94% теоретического. В настоящее время фенилглициновый синтез ведется на производстве следующим образом. Заранее готовится сухая соль фенилглицина, преимущественно натриевая. Сухость продукта играет весьма большую роль, так как следы влаги понижают выход И. Амид натрия, необходимый для процесса, м. б. также приготовлен заранее или же готовится в самом плавильном котле. На ф-ках Meister, Lucius & Brünning щелочное плавление фенилглицина ведется в котле, снабженном мощной мешалкой. В котел загружают 1 000 кг едкого натра и 1 000 кг едкого кали и в расплавленную обволоженную нагреванием смесь вносят при



350° 10 кг металлич. натрия. Предварительно котел заполняют сухим водородом и аммиачным газом. При этом от взаимодействия натрия с едким натром и аммиаком получается окись и амид натрия:  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{NaNH}_2$ . После того как весь металл, натрий вступает в реакцию, понижают  $t^\circ$  до 190° и вносят в котел сухую натриевую соль фенилглицина в количестве от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{4}$  от веса ваятых печочей. Металлич. натрий берут в таком количестве, чтобы получившиеся из него амид и окись натрия связали всю воду. После загрузки фенилглицина поднимают  $t^\circ$  до 210° и выдерживают при ней ок. 3 ч., после чего получают в котле однородную красно-коричневую массу. Последнюю выдавливают в такое количество льда и воды, чтобы  $t^\circ$  смеси была 50°. При этом получается раствор индоксилнатриевой соли, из которого продуванием воздуха осаждают И. Полученный краситель отфильтровывают, промывают и либо сушат либо ставят на тип для получения пасты красителя определенной концентрации; фильтрат же выпаривают наполовину, после чего из него выпадают образовавшиеся от поглощения углекислого газа карбонаты, и, отделив от них, подвергают его выпариванию в вакууме для регенерации щелочей. При подобном ведении процесса выход И. достигает 90—94% теоретического. Другим вариантом этого процесса является проведение его при давлении от 4 до 6 ат и применение иных конденсирующих средств как например анилада натрия, на что имеется ряд патентов. Фенилглициновый способ оканчивается в последней модификации вполне удовлетворительным, и недостатком его является лишь необходимость применения дорого стоящих продуктов (хлоруксусной к-ты и металлич. натрия).

3. Антралиловый синтез К. Геймана отличается от предыдущего лишь заменой анилина антралиловой к-той, строения

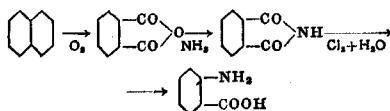


При этом конденсация с хлоруксусной к-той дает не фенилглицин, а его кар-

боновую к-ту строения  $\begin{array}{c} \text{NH}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\ | \\ \text{C}_6\text{H}_4 \end{array}$

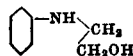
Последняя при действии щелочей (для чего требуется более умеренная  $t^\circ$ ) дает индоксил карбоновую (индоксилую) к-ту, к-рая, как и индоксил, переходит при действии кислорода воздуха в И. Получение фенилглицинкарбоновой к-ты и щелочное плавление протекают аналогично фенилглициновому синтезу, но более низкая  $t^\circ$  плавления делает необязательным применение амида натрия. Для лучшего течения процесса плавления прибавляют в плаве к щелочам некоторое количество жженой известки СаО. Антралиловый способ К. Геймана разрабатывался и был поставлен на BASF. По сравнению с фенилглициновым способом он имеет преимущество в пользовании СаО вместо амида натрия; кроме того имеется возможность, не окисляя в И., выделить индоксилую к-ту, к-рая под названием индифора поступала в продажу как препарат И. для печати. Технически этот метод стал осуществимым, лишь когда

ряд открытий дал возможность рентабельно получать антралиловую к-ту на нафталина, окисляя последний в присутствии ртути каталитическим действием серного ангидрида до фталевого ангидрида, путем перевода последнего во фталевый имид, к-рый, окисляясь, перегруппировывался в антралиловую кислоту при действии теоретического количества активного хлора. Весь процесс выражается схемой:



Введенный Гиббсом и Водем метод окисления нафталина во фталевый ангидрид кислородом воздуха при каталитич. действии ванадиевых солей сделал получение антралиловой к-ты еще более дешевым, т. к. нафталин—полуфабрикат весьма доступный. Существенными недостатками обоих синтезов К. Геймана являются необходимость применения хлоруксусной к-ты, к-рая получается хлорированием дорогой ледяной уксусной к-ты, а также и необходимость разделения моно-, ди- и трихлорпроизводных. В виду этого еще в 1912 г. на BASF был применен хлоргидриновый синтез.

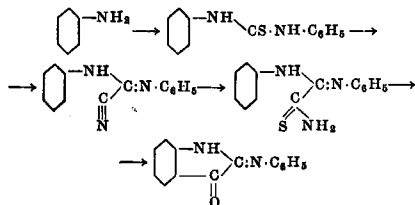
4. Хлоргидриновый синтез заключается в конденсации хлоргидрина с анилином и в щелочном плавлении получившегося при этом оксиэтиланилина следующего строения:



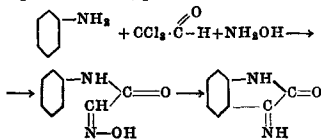
При этом получается индоксил, обрабатываемый обычным методом. Т. о. хлоргидриновый синтез является нек-рым видоизменением фенилглицинового синтеза К. Геймана. Синтез выполняется след. обр. Предварительно готовится хлоргидрин пропуская смесь этилена с углекислым газом через белильня. известь до полного использования я. хлора. Затем хлоргидрин отделяют от углекислого кальция и очищают перегонкой. Полученный хлоргидрин количественно конденсируется с анилином обычным методом, после чего получается маслянистая жидкость—оксиэтиланилин, к-рую пускают на плавление. Для этого 2 ч. едкого натра с 1 ч. едкого кали плавят в закрытом котле при 350° и к плаву добавляют  $\frac{1}{3}$  ч. мелко измельченной окиси кальция. Темп-ру понижают до 232—236°, наполняют котел водородом и перемешивают в него  $\frac{1}{3}$  ч. оксиэтиланилина, после чего при 240—245° ведут процесс при размешивании в продолжение еще 2—3 часов. При этом из котла энергично выделяется водород, и содержимое котла превращается в однородную массу, к-рую обрабатывают так же, как и при фенилглициновом синтезе К. Геймана. Ввиду загрузки оксиэтиланилина в закрытый котел содержание карбонатов достигает лишь 0,5%, вследствие чего удается регенерировать 98% от взятой щелочи. Выход И. при хлоргидриновом синтезе не превышает 60—65%, но несмотря на

это он должен считаться рентабельным благодаря почти полной регенерации щелочи вследствие применения этилена вместо уксусной к-ты и в силу своей близости к производству иприта; хлоргидрин получается из того же исходного продукта (этилена) и в той же аппаратуре, что и иприт. Для того чтобы не применять уксусной к-ты, на некоторых производствах, особенно в Америке, приготавливают фенилглицин из анилина, цианистого калия и формалина.

β-изатининовый синтез Т. Зандмера (Ф-ка Geigy в Базеле) — в к-ром конечным продуктом является изатин, в виде α-изатинанилида или β-изатинимида; этот метод заключается в конденсации анилина с сероуглеродом и в действии цианистого калия в присутствии свинцовых солей на получившийся тиокарбанилид, причем получается карбодиазидифенилимид. Последний при действии сернистого аммония переходит в т. наз. тиаомид, к-рый в свою очередь легко переходит в α-изатинанилид, что выражается общей схемой:



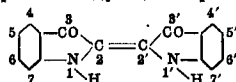
Проведение этого синтеза см. [18]. Несколько позже, в 1919 г., тот же Т. Зандмейер применил для получения производных изатина, именно β-изатинимида, иной метод, исходя из того же анилина, но конденсируя его с хлоралем и гидросиламином по схеме:



При действии восстановителей, напр. сернистого аммония, α-изатинанилид легко дает И. При действии же разбавленных кислот на α-изатинанилид и на β-изатинимид получается изатин. Синтез Зандмейера в настоящее время не имеет большого значения для получения И, но его роль велика в производстве различных тиаиндиговых и индигоидных красителей, где для некоторых марок в качестве исходного продукта употребляют изатин и α-изатинанилид, который в отличие от изатина является реакционноспособным в α-положении и поэтому находит в производстве индигоидов большее применение, чем изатин. К тому же изатин выгоднее получать из α-изатинанилида или из β-изатинимида, чем из И. В силу этого синтез Зандмейера утвердился в технике.

Кроме И. большое применение находит и целый ряд его производных: алкильные производные, сульфокислоты и галоидные производные. Из алкильных произ-

водных наиболее важным является метильное производное, именно 7,7'-диметил-индиго, или индиго Т (для правильного определения производных индиго его скелет перенумерован следующим образом:



и перед названием замещающего радикала ставят № занимаемого им места). Индиго Т получают по методу Байера и Древена, исходя из о-нитро-м-толилальдегида, или по методу Зандмейера — из о-толуидина. Индиго Т дает более зеленые оттенки, чем И., и отличается большей прочностью к хлору.

Сульфопроизводные И., из к-рых наиболее важным является индиго-кармин (5,5'-дисульфокислота И.), применяемый в качестве индикатора при хлорометрии, не имеют, вследствие своей непрочности, большого распространения. Они являются кислотными красителями, дающими чисто синие тона. Часто их получают для аналитического исследования И., заключающегося в переведении И. в растворимое состояние и титровании раствором гидросульфита [1]. Они получают при внесении мелко истертого И. в нагретый до 35–40° моногидрат серной кислоты и выдерживании при этой т° до полного растворения в растворе водной щелочи. В продажу индиго-кармин поступает в виде натриевой соли.

Наибольшее распространение имеют галоидо производные И., особенно хлор- или бромпроизводные. Их получают хлорированием и бромированием готового И. или синтезом красителя, исходя из содержащих галоиды исходных продуктов. Наибольшее распространение имеет 5, 7, 5', 7'-тетраброминдиго, называемый индиго 4В и получаемый при обработке И. бромом в нагретом растворе нейтрального растворителя (нитробензола и т. п.). При употреблении в качестве растворителя ледяной уксусной кислоты получается 5,5'-диброминдиго, или индиго R; 6,6'-диброминдиго представляет собой знаменитый п у р п д р в н и к, получившийся из улиток Murex brandaris; он был получен в 1908 г. П. Фридлиндером по методу Байера и Древена из η-бром-о-нитробензальдегида. Непосредственное хлорирование И. не дает хлоропроизводных, т. к. хлор действует на И. окисляющим образом. Для получения ценного бриллиантиндиго, или яркого И., являющегося 5, 7, 5' 7'-тетрахлориндиго, приходится хлорировать не И., а дегидро-

индиго, строения

легко хлорируемое в обоих ядрах в положении 5 и 7, получаемое из И. по методу Кальба, действием перекиси свинца или марганцовокальевой соли в отсутствии влаги. Дегидроиндиго и его продукты замещения при действии сернистой кислоты переходят в И. и его производные. Для получения хлоропроизводных И. применимы и синтезы Геймана, а также и Байера-Древена. Галоидопрод-

водные И., за исключением замещенных в положении 6, дают некоторые изменения тона и продаются под названием И. различных марок [14]. Они отличаются повышенной по сравнению с И. прочностью к хлору. Кроме того их лейкоосединация имеют больше сродства к волокну, являются более субстантивными.

Производство И., развивавшееся до 1914 г. в Германии, существует в настоящее время и во Франции, Англии и Америке. Синтетич. И. занимает первое место среди остальных красящих веществ. В 1922 г. из выпущенных на земном шаре на рынок 150 млн. кг синтетич. красителей на сумму 88 млн. долл. 28% падало на долю И. Производство И. началось в 1880 году в Германии, когда на рынок было выпущено около 1/2 млн. кг, и непрерывно возрастало в этой стране, достигнув в 1913 г. 33 млн. кг. Кроме Германии до войны 1914—18 гг. индиго производилось (с 1911 года) лишь в Швейцарии и в количестве около 1,8 млн. кг. Обе эти страны снабжали синтетическим индиго все страны света, причем главными потребителями были:

Китай, импортировавший . . . . .	21,5 млн. кг
США, импортировавшая . . . . .	3,5 » »
Австро-Венгрия, импортировавшая . . . . .	1,4 » »
Англия, импортировавшая . . . . .	1,2 » »
Россия, . . . . .	0,5 » »

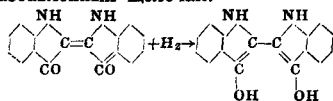
Война 1914—18 гг. поставила ряд стран, получавших И. из Германии, в катастрофич. положение. В США цена на И. возросла с 15,5 центов за англ. фн. в 1913 г. до 1,5 долл. в 1916 году, что побудило США поставить собственное производство индиго, которое в 1925 году достигло 29 млн. англ. фн. (около 13 млн. кг И.). Во Франции производство И., начатое во время войны, достигло в 1925 г. 5 млн. кг. В Англии производство И. началось с 1922 года и достигло к 1925 году 4,5 млн. кг. В Италии 1/2 потребности страны в И. покрывается собственной продукцией.

Лит.: 1) Вейлштейн Ф. К., *Handbuch der organischen Chemie*, В. 1—41, 4 Auflage, Berlin, 1918—1928; Schultz G., *Farbstofftabellen*, 5 Aufl., Berlin, 1914—14; Rowe F., *Colour Index*, N. Y., 1924; Mayer F., *Chemie d. organ. Farbstoffe*, 2 Auflage, B., 1924; 2) «B», 1918, В. 51, p. 516; 3) *ibid.*, 1917, В. 50, p. 897; 4) «Z. ang. Chem.», 1921, В. 34, p. 481; 5) Rупе Н., *Die Chemie d. natürlichen Farbstoffe*, Braunschweig, 1900; 6) Georgievics G., *Der Indigo*, Wien, 1892; 7) Неегманн П., *Färbereid. textiltischele Untersuchungen*, 4 Aufl., Berlin, 1923; 8) Вучер А., «B», 1909, В. 33, p. 11—13; 9) Вучер А., *Gesammelte Werke*, В. 1—Über Indigo, Braunsch., 1905; 10) Тундт В. Н., *Enzyklopädie d. Küpenfarbstoffe*, В., 1920; 11) Шапошников В. Г., *Общая технология волоконных и красящих веществ*, Москва—Киев, 1926; 12) Fierz-David H., *Künstliche organische Farbstoffe*, Berlin, 1926; Georgievics G., *Handbuch der Farbenchemie*, 5 Aufl., Wien, 1922; Bucherer H., *Lehrbuch der Farbenchemie*, 2 Aufl., Leipzig, 1921; 13) П. Г. 73377; 14) Fierz-David H. E., *Grundlegende Operationen der Farbenchemie*, 3 Aufl., Berlin, 1924; 15) Патенты BASF, MLB, CIBA. И. Ишф.

#### Применение И. в крашении волоконных материалов.

И. нерастворимо в воде и принадлежит (по технич. классификации) к индифферентным красителям. Для получения окраски И. восстанавливают в щелочной среде при помощи восстановителей; при этом оно переходит в лейкоиндиго—белое индиго, содер-

жащее гидроксильные группы и растворимое в разбавленных щелочах:



Волокнистый материал, будучи погружен в этот раствор, привлекает лейкоиндиго, так как последнее обладает нек-рым сродством к волокну. Для закрепления И. волокнистый материал вынимают из красильного раствора, отжимают и подвергают окислению на воздухе, причем на волокне образуется И., давая довольно прочную окраску синего цвета. Такое погружение с последующим окислением называется проходом. Продолжительность и число проходов бывают различны.

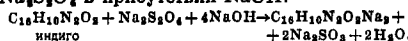
Щелочной раствор восстановленного И. и аппарат, в котором производят крашение, называются индиговым кубом или просто кубом (см. *Кубовые красители*). По ф. крашения кубы бывают горячие (50—60°) и холодные (15—25°).

И. применяют для крашения животных волоконных материалов (гл. обр. шерсти) и растительных (гл. обр. хлопка и льна). Для шерсти применяют горячие кубы (броильные, гидросульфитный), для хлопка и льна—холодные (купоросный, диниковый, гидросульфитный, броильные), а иногда и горячие (броильные). Для растворения лейкоиндиго служат NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и NH<sub>4</sub>OH. Особенностью И. является то, что оно лучше растворяется в конц. растворах, а окрашивает лучше в разбавленных (окраски получают прочнее); поэтому для растворения И. приготавливают конц. раствор, т. н. матку, а для крашения—более разбавленный красильный куб. Во время крашения И. выбирается волоком, и концентрация в кубе уменьшается, почему для выравнивания концентрации необходимо куб «подкармливать», или «чередить», т. е. прибавлять некоторое количество восстановленного И.

Для крашения находят применение И. в порошке, в пасте (20 и 40%-ной) и в виде восстановленного И.—готового 20-или 60%-ного куба. И. в порошке необходимо предварительно превратить в пасту, обрабатывая его смачивающими веществами: ализариновым маслом, контактом, некалом и др. (см. *Эмульсаторы*), а также подвергая механич. растиранию в присутствии глицерина или едкого натра. В последнее время германскими красочными фабриками выпущены марки легко смачивающегося И. (например И. «К» и др.).

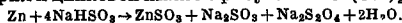
Крашение животных волоконных материалов. И. находит большое применение для крашения шерсти, так как получаемые окраски обладают хорошей прочностью (8—к свету, 4—к мытью, 4—к валке), за исключением прочности к трению (около 3). Для крашения шелка индиго применяется значительно реже. К особенностям крашения шерсти индиго следует отнести применение горячих кубов, слабую щелочность, а также малую концентрацию (1 г индиго на л). В настоящее время большим распространением пользуются гидросульфитные кубы, а в некоторых случаях—броильные.

Гидросульфитные индиговые кубы. Образование их основано на восстановительном действии гидросульфита  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  в присутствии  $\text{NaOH}$ :



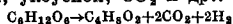
Для приготовления матки затирают И. (3 кг) с горячей водой (42 л) и обрабатывают раствором едкого натра (3,6 л при 38—40° В°). После этого постепенно при 60—65° прибавляют гидросульфит (3 кг) и оставляют при этой т° на  $\frac{1}{2}$ —1 час. При этом И. переходит в куб с янтарно-желтым цветом. Полученную матку вливают в красильный куб, содержащий 3 000 л воды и небольшое количество гидросульфита и  $\text{NH}_3$ , для восстановления кислорода, растворенного в воде. Реакция куба д. б. лишь слабо щелочной, причем для предохранения шерстяного волокна от ослабления прибавляют раствор клея. Хорошо приготовленный куб должен иметь янтарно-желтый цвет и с поверхности покрываться тонкой пленкой И., т. наз. ц в е т о м. Иногда применяют индиговые кубы 20- и 60%-ные, представляющие конц. растворы лейкоиндиго в щелочах; при этом приготовление матки отпадает, и такие растворы непосредственно задают в красильный куб.

Недавно красочными ф-ками (Баденская и «Фарбверке») запатентован способ крашения шерсти И. в гидросульфитном кубе, заключающийся в том, что лейкоиндиго переводят на шерстяное волокно с помощью солей аммония (уксуснокислого или сернокислого), а к концу процесса — уксусной к-той; при этом способе даже интенсивные окраски получаются в один проход (ок. 2 $\frac{1}{2}$  час.). Иногда применяют цинково-известково-бисульфитный куб, т. н. а н г л и с к и й к у б, отличающийся от предыдущих тем, что необходимый для восстановления гидросульфит образуется в красильном кубе из бисульфита натрия и цинковой пыли в присутствии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :



Под влиянием гидросульфита происходит восстановление индиго в лейкоиндиго, растворяющееся в растворе  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Недостатком этого куба является большое к в е з д о к у б а — осадок нерастворимых солей, образующихся в кубе и осаждающихся на дне его. Осадки эти могут поглощать до 20% И.

Бродильные кубы. Эти старинные кубы основаны на восстановительном действии водорода, получаемого при брожении некоторых сахаросодержащих веществ (отрубей, вайды, патоки и др.) под действием энзимов, находящихся в этих же веществах. Брожение сопровождается образованием к-т — масляной, уксусной,  $\text{CO}_2$  и др.:



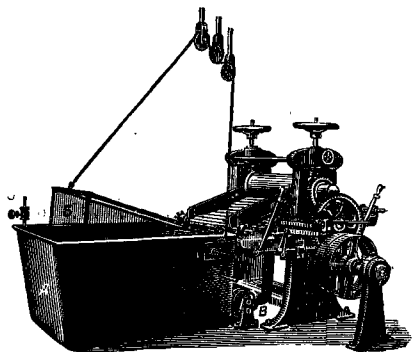
или



Для возбуждения брожения иногда прибавляют крап — молотые корни марены. Для растворения лейкоиндиго применяют гашеную известь, соду, поташ. В зависимости от применяемых материалов различают кубы: вайдовый, содовый, поташный, мочевой; из них наиболее распространены вайдовый и содовый кубы. Ведение бродильных кубов требует большого опыта и является затрудни-

тельным; к недостаткам их следует отнести кроме того продолжительность приготовления куба (до 4 дней), а также образование большого гвезда.

Крашение шерсти в гидросульфитных и бродильных кубах производится при т° в 50—55°, в течение  $\frac{1}{2}$ —2 $\frac{1}{2}$  час., причем после окончания одного прохода шерсть вынимают и, дав раствору стечь, отжимают ее и окисляют на воздухе до посинения (если нужно, эту операцию повторяют несколько раз). В заключение шерсть промывают, кислот и опять промывают. Шерсть окрашивают индиго в виде непряженого материала (рунной шерсти), камвольной ленты (топса), пряжи (в мотках и крестовых шпулях) и ткани. Гунную шерсть красят в обыкновенных круглых деревянных или цементированных чанах, куда опускают шерсть в железных сетчатых цилиндрах (корзинах), или же в т. наз. циркуляционном кубе (фиг. 1), состоящем из железного чана А и ситчатого



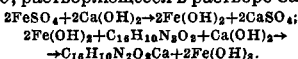
Фиг. 1.

ящика В, в к-рый загружают шерсть; в этом аппарате при крашении шерсть остается неподвижной, а красильный раствор циркулирует при помощи насоса В; пряжу в мотках обыкновенно окрашивают в ручных барках, а пряжу в виде крестовых шпуль и камвольную ленту — в аппаратах насадочной системы (см. *Красильные машины*). Шерстяную ткань окрашивают в расправку в кубах, имеющих направляющие ролики и отжимные валы под уровнем красильного раствора.

Крашение растительных волокнистых материалов. В настоящее время, с появлением более прочных кубовых синих красителей (индиантронов, альголевых, гидроновых, гелиндовых), а также дешевых сернистых синих красителей, И. для крашения растительных волокнистых материалов, гл. обр. хлопка и льна, стало применяться в меньших размерах, чем раньше. Прочность окрасок на этих материалах меньше, чем на шерсти (3 — к свету, 1 — к трению). Особенною крашения И. хлопка и льна является большая щелочность куба, повышенная концентрация (2 $\frac{1}{2}$ —5 г в 1 л) и низкая т° крашения (15—25°), за исключением бродильных кубов, у к-рых т° крашения 50°. Для крашения хлопка и льна применяют холодные кубы.

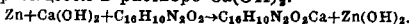
(купоросный, цинковый, гидросульфитный, бродильный) и горячие (бродильные).

**Купоросный куб.** В этом кубе железный купорос в присутствии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  образует  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , к-рый восстанавливает И. в лейкоиндиго, растворяющееся в растворе  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :



Для приготовления матки И. (в виде 20%-ной пасты) растирают с горячей водой при 60°, прибавляют железный купорос и гашеную известь. После 4—6-час. стояния при 50—60° индиго восстанавливается. Полученную матку вливают в красильный куб и приступают к крашению. Недостатком этого куба является большое гнездо, поглощающее до 20% И., а также необходимость кислотки хлопка и льна после выхода из куба для разрушения Са-соли лейкоиндиго и для удаления с ткани гидрата окиси железа.

**Цинковый куб.** В этом кубе цинковая пыль, растертая с водой в присутствии гашеной извести, выделяет водород, к-рый восстанавливает И. в лейкоиндиго, растворяющееся в растворе  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :



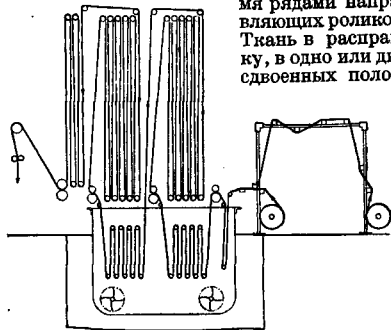
Для приготовления матки И. (в виде 20%-ной пасты) смешивают с цинковой пылью (предварительно замененной с горячей водой) и при 50—60° прибавляют гашеную известь (в виде известкового молока). После 5—6-час. стояния И. куб готов, и его вливают в красильный куб. Цинковый куб имеет, по сравнению с купоросным, меньшее гнездо, но потери И. все же достигают здесь 10%.

**Гидросульфитный куб.** Этот куб в настоящее время наиболее распространен, так как не имеет недостатков предыдущих кубов. Для восстановления И. применяют гидросульфит в готовом виде, в порошке, или же красильщик сам его готовит из цинковой пыли и бисульфита натрия в присутствии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (см. выше). Для приготовления матки берут напр. И. в виде 20%-ной пасты (50 кг), прибавляют горячей воды (100 л) и едкого натра (20 л, плотность 40° В<sup>е</sup>) и при 50—60° задают при постоянно помешивании гидросульфит в порошке (8,5 кг) или соответствующее количество самостоятельно приготовленного раствора гидросульфита. По истечении  $\frac{1}{2}$ —1 часа куб готов и его вливают в красильный куб. Гидросульфитный куб несколько дороже предыдущих, но имеет ряд преимуществ (простота и быстрота работы, отсутствие кислотки, отсутствие гнезда и др.).

**Бродильные кубы** в общем похожи на кубы для крашения шерсти, но отличаются от них большей щелочностью, большей концентрацией И. в красильном кубе и тем, что бывают как горячими, так и холодными.

Крашение хлопка и льна в перечисленных кубах (купоросном, цинковом, гидросульфитном и бродильных) производят при t° около 15—25°, продолжительность одного погружения (прохода)—от  $\frac{1}{4}$  до 5 мин.; затем следуют отжим и окисление на воздухе в течение 1—10 мин. В случае необходимости получить более интенсивную окраску операции эти повторяют несколько раз. После краше-

ния происходят промывка и кислотка (за исключением гидросульфитного куба), снова промывка и сушка. Хлопок окрашивают индиго в виде непряженого материала, пряжи в мотках (редко в виде крестовых шпудл), а гл. обр. в виде тканей. Для крашения непряженого хлопка применяют механич. аппараты упаковочной системы, для крашения пряжи в мотках—либо ручные барки с изогнутыми железными палками, позволяющими держать пряжу под уровнем красильного раствора, либо непрерывно действующие аппараты (системы Планелла). Пряжу в виде крестовых шпудл окрашивают в аппаратах насадочной системы. Ткани окрашивают в кубах непрерывного или периодич. действия. Непрерывно действующий куб (системы Вельтера), называемый также р у л е т н ы м к у б о м (фиг. 2), состоит из большого железного или цементированного бассейна, в к-ром имеются две вынимающиеся каретки с двумя рядами направляющих роликов. Ткань в расправку, в одно или два двоящихся полот-

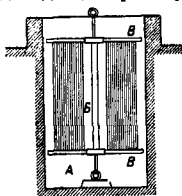


Фиг. 2.

на, входит в первую половину куба, где, проходя по роликам, пропитывается раствором лейкоиндиго, затем выходит из куба, отжимается парой отжимных валов и подвергается окислению на воздухе, делая несколько оборотов в вертикальном направлении по роликам, расположенным над кубом. После этого ткань поступает во вторую половину куба, проходит в нем по роликам, отжимается и таким же образом, как раньше, окисляется; затем при помощи самоклада ткань укладывается в тележку. Продолжительность пребывания в кубе (прохода) и окисления— $\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$  минуты. Количество погружений бывает разным в зависимости от требуемой интенсивности окраски. Обычно пропускают ткань два раза через один куб или через два рядом стоящих куба. На дне куба расположены мешалки для перемешивания раствора во время «подкармливания», заправки и т. д.

При небольшой производительности применяют куб периодич. действия, представляющий (фиг. 3) глубокий круглый деревянный или цементированный чан А, наполненный красильным раствором. В этот чан опускают каретку Б с тканью. Каретка представляет вертикальный деревянный или железный стержень, на концах к-рого укреплены звездчатые деревянные или железные бруски В; на внутренней стороне этих брусков

укреплены крючки, на которые завешивают кромками ткань по спирали, начиная от стержня. Количество завешиваемой ткани доходит до трех кусков. Каретка с тканью находится в кубе около



Фиг. 3.

5 мин.; после этого ее вынимают, дают раствору стечь в течение 5 мин. и опять опускают в куб, но уже другим концом (для получения равномерной окраски). Операции эти повторяют несколько раз (до 10), до получения требуемой окраски. Ткань после крашения в кубах поступает на проходные аппараты, где в справку подвергается кислотное соляной или серной (если имеем дело с Св-солями лейкоиндиго) кислотами и промывке водой.

**Применение И.** в печатании волокнистых материалов. Наибольшее применение И. находит в печатании хл.-бум. тканей. Печатание И. шерстяных и шелковых тканей производится лишь в редких случаях. Непосредственное печатание И. на хлопке в настоящее время производят по т. н. гидросульфитному способу: И. в виде пасты смешивают с раствором едкого натра и формальдегидсульфоксилатами натрия (ронгалитом С, гидросульфитом NF, концентрированными в порошок) и загущают загусткой (напр. из британской камеди); полученной печатной краской печатают по хл.-бум. ткани, затем ткань высушивают и подвергают короткому запариванию в зрельнике (см.) при  $1^{\circ}$  ок. 100—105° в течение 2—5 мин. При этом под влиянием влажного горячего пара и формальдегидсульфоксилатов происходит восстановление И. в лейкоиндиго, растворение его ведком натре и поглощение хлопковым волокном. Для закрепления И. ткань после выхода из зрельника подвергают окислению раствором хромпика, после чего ее промывают, мылуют, еще раз промывают и высушивают. Все эти операции после выхода ткани из зрельника производят на проходных аппаратах. Узоры, белые и цветные, на индиговом фоне получают при помощи *вытравок* (см.) и резервов.

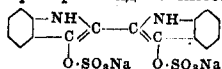
Лит.: Шапошников В. Г., Общая технология волокон и красящих веществ, стр. 449—462, М.—Киев, 1926; Петров П., Викторов П., Малютин Н., Химия технологии волокон, веществ, стр. 280—304, Иваново-Вознесенск, 1928; Loewenthal A., Handbuch d. Färberei d. Spinnfasern, B. 2, p. 1042—1076, В., 1923.

Д. Грибоев.

**ИНДИГОВЫЙ КУБ**, щелочной раствор восстановленного индиго, а также аппарат, в котором производят крашение. См. *Индиго*, применение в крашении, и *Кубовые красители*.

**ИНДИГОВОЛЬ**, растворимый в воде препарат *кубового красителя* (см.), обыкновенно натриевая соль сернистокислого эфира лейкосоединения красителя. Впервые И. был получен в 1924 г. Бадером и Ш. Вошером [1] при действии пиридинового соли хлорсульфоновой кислоты на натриевую соль *белоуго индиго* (см.) в пиридиновом растворе и при последующем вытеснении из продукта конденсации пиридинового остатка молекулярным количеством едкого натра [2]. По-

лученный препарат индиго имеет строение



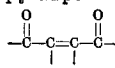
и назван был Бадером и индигозомем. В 1925 г. фирма Dugand et Huguenin [3] применила метод Бадера к целому ряду кубовых красителей как индигоидных, так и индиготреновых. Полученные препараты этих кубовых красителей получили тоже наименования И. с прибавлением лишь заглавной буквы названия кубового красителя и его марки.

Применение И. в текстильном деле основано на омылении И. с отщеплением частицы бисульфита натрия и на последующем окислении свободного лейкосоединения красителя. Омыление И. происходит весьма легко в кислой среде, окисление же м. б. производится за счет кислорода воздуха при каталитич. действии ванадиевых солей, а также при действии азотистой к-ты, хлорного железа и других несильных окислителей. И. в виду его растворимости очень удобен для крашения и печати [3, 4]. И. применяют также и для крашения животных волокон, т. к. извлекается из красильной ванны подобно кислотному красителю, а затем омыляется и окисляется на волокне. При этом отпадает недопустимая для животных волокон щелочная среда, сильно препятствовавшая применению кубовых красителей в крашении шерсти и шелка. Высокая цена И. (почти вчетверо дороже соответствующего кубового красителя) препятствует широкому применению И. в текстильном деле, но в ситцепечатании И. завоевывает все большее применение.

Лит.: 1) Chemische Industrie, B., 1924; 2) Шапошников В. Г., Область технологии волокнистых и красящих веществ, М.—Киев, 1926; 3) Friedländer P., Fortschritte d. Teerfarbenfabrikation u. verwandter Industriezweige, T. 14, 15, Berlin, 1926—28; 4) Проспекты I. G. Farben.

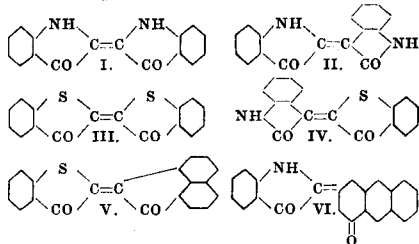
И. Иоффе.

**ИНДИГОИДНЫЕ КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА**, индигоиды, *кубовые красители* (см.), отличающиеся наличием в них двух соединенных двойной связью между углеродными атомами ядер, в каждом из которых расположено по одной карбонильной группе в о-положении к двойной связи; это обуславливает образование характерной для И. к. в. полуинионной группировки:



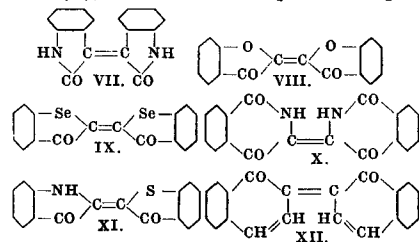
Близкими к И. к. в. являются лигноны, в к-рых обе карбонильные группы расположены в η-положении к двойной связи, и индологиноны, в которых одна карбонильная группа находится в о-положении, другая же в η-положении. И. к. в. выпускают в продажу различных цветов и марок под названиями: тиюиндиго, циба, гелиндины и др. Более правильной является рациональная номенклатура, основанная на тех родоначальных ядрах, из к-рых составлена молекула И. к. в. При этом в ядрах переупорядочены атомы, составляющие их скелет, чем пользуются как для обозначения атомов, примыкающих к двойной связи, так и всех возможных замещений в ядре. В силу этого рациональным обозначением для индиго (I)—

редоначальника группы И. к. в. — является 2, 2'-bis-индолиндиго; для изомерного с ним индиго красного, или индирубина (II), — 2, 3'-bis-индолиндиго; для тиюиндиго красного (III), содержащего два тиаонафеновых ядра, соединенных в положении 2 и 2', — 2, 2'-bis-тиаонафениндиго. Смешанные И. к. в., как тиюиндиго алый R (IV), пиа алый G (V) и аллизарииндиго G (VI) соответственно могут быть названы 3-индол-2'-тиаонафениндиго, 2-тиаонафенафениндиго и 2-индол-2'-антрацениндиго:



В основе рациональной номенклатуры лежат не кислородные производные, из к-рых И. к. в. получаются (как индоксил, изатин, окситионафен, аценафенхинон, оксантрол и т. п.), а соответствующие им углеводороды, т. к. уже само название И. к. в. обуславливает наличие двух кислородных атомов, входящих в состав карбонильных групп. Рациональная номенклатура И. к. в. не нашла еще широкого применения в технике и торговле.

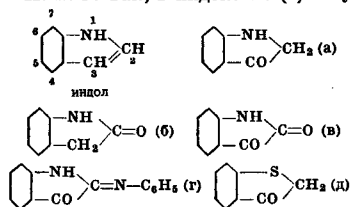
По химич. строению И. к. в. могут быть разбиты на следующие группы: 1) И. к. в., содержащие два ядра с наличием в каждом из них пятичленного гетероцикла, 2) содержащие лишь одно ядро с наличием в нем пятичленного гетероцикла и 3) не содержащие пятичленных гетероциклич. ядер. Первые из них могут представлять симметричную молекулу, как 2, 2'-bis-индолиндиго (I), 2, 2'-bis-тиаонафениндиго (II), 3, 3'-bis-индолиндиго (VII), 2, 2'-bis-кумарониндиго (VIII) и так называемого селенидиго (IX). Из них техническое значение имеют лишь индиго и тиюиндиго красных. Остальные, равно как и близкое к ним по строению, но не содержащее пятичленных колец карбиндиго (X), имеют только теоретич. интерес.



Несимметричные индигоиды первой группы представляют преимущественно сочетания в различных положениях индолового и тиаонафенового ядра. Из них технически важны два: 3-индол-2'-тиаонафениндиго (IV)

и 2-индол-2'-тиаонафениндиго (XI). Индирубин (II) интересен лишь в качестве И. к. в., сопутствующего индиго при его получении из индигоносных растений. Весьма большой отдел И. к. в. составляют красители, к-рые получаются при сочетании ядер, содержащих пятичленный гетероцикл, главн. обр. индоловый и тиаонафеновый с нафталиновым, антраценовым, аценафеновым, карбазоловым и т. п. ядрами. Главные представители их указаны выше [(V) и (VI)]. И. к. в., не содержащие пятичленных колец, за исключением карбиндиго, стали известны лишь недавно. Р. Вильштеттером был получен краситель (XII), представляющий 2, 2'-bis-нафталиндиго, который не содержит вовсе гетероциклич. ядер и тем самым заслуживает большого теоретич. интереса. За последние годы сильно развилось получение и изучение И. к. в., в состав к-рых входят аналоги индолового и тиаонафенового ядер, содержащие вместо бензольного ядра нафталиновое или антраценовое (антрахинонное). Получаются они аналогично индиго из соответствующих глициновых производных или аналогично тиюиндиго из соответствующих тиогликолькарбоновых к-т. Эти И. к. в. могут давать как симметричные красители, так и несимметричные при конденсации соответствующих им изатинов с индоксолом, окситионафеном и т. п. В виду возможностей различного положения пирролового или тиюфенового цикла при ядре нафталина или антрацена, число возможных изомеров этих красителей велико. Кроме вышеописанных И. к. в. широкое распространение имеют их производные, главн. обр. галоидные и метильные.

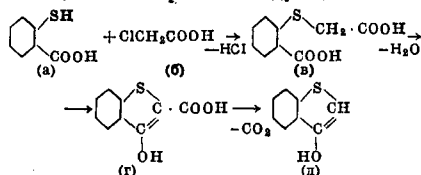
И. к. в. получают преимущественно при конденсации уже предварительно приготовленных промежуточных продуктов, содержащих замкнутые, необходимые для молекулы красителя циклы. Таковыми являются содержащие пятичленные ядра индоксил, оксиндол, изатин, изатинанилид, 3-окситионафен и ряд кислородных производных ароматич. углеводородов — нафталина, антрацена, аценафена и др. В виду того что различные кислородные производные индола вступают в реакцию неодинаково, возможно получение перечисленных выше различных И. к. в. Так, в индоксиде (а) вступает



в реакцию водород при углеродном атоме 2, в оксиндоле же (б) — при углероде 3. Изатин (в) вступает в реакцию за счет карбонильной группы 3, иначе называемой β, в то время как изатинанилид (г) — за счет замещенной карбонильной группы 2 (а); 3-окситионафен (д) аналогичен индоксиду. Так напр., конденсация оксиндола с изатином ведет к образованию 3, 3'-bis-индолиндиго, а индоксида

с изатинанилидом—к 2, 2'-bis-индолиндиго. Сочетая различным образом между собой, а также с кислородными производными нафталина, антрацена, аценафтаена и др., вышеприведенные промежуточные продукты, можно получить различные И. к. в. Все эти сочетания происходят весьма легко в водном или спиртовом растворе, в силу легкой подвижности атомов водорода и кислорода всех вышеперечисленных продуктов.

Из кислородных производных индола, применяемых для синтеза И. к. в., наиболее важны индоксил, изатин и изатинанилид (см. Индиго). Не менее важны производные тионафтаена, в частности 3-окситионафтен, т и о н д о к с и л, который при окислении непосредственно переходит в тиоиндиго красный (III), в силу чего производство его сильно распространено; его получают действием хлоруксусной к-ты (б) на тиофенолкарбоную к-ту (а), неправильно назыв. тиоацилиловой. Продукт конденсации (в) при действии щелочи при повышенной  $t^{\circ}$ , аналогично методу Геймана при синтезе индиго, и при действии кислотных водоотнимающих средств, как хлорсульфоновая кислота, замыкает тионафтенное кольцо, переходя в 3-окситионафтен-2-карбоную к-ту (г). Последняя уже при кипячении с водой выделяет  $\text{CO}_2$ , переходя в 3-окситионафтен (д). Последняя операция представляется часто лишней, т. к. и карбонная к-та 3-окситионафтена может непосредственно окисляться в тиоиндиго и вступать в конденсацию с образованием И. к. в., выделяя  $\text{CO}_2$  в процессе конденсации. Реакция м. б. выражена следующей схемой:



По своим свойствам И. к. в. несколько отличаются от своего родоначальника, индиго, тем, что лейкосоединения многих из них, подобно галлоидпроизводному индиго, обладают более субстантивными свойствами и выбираются волокном. Кроме того некоторые из них, как тиоиндиго красный и др., м. б. переведены в натриевые соли лейкосоединений не только при действии гидросульфата, но и при действии сернистого натрия, т. е. аналогично сернистым красителям. При этом получаются все же несколько более тусклые окраски.

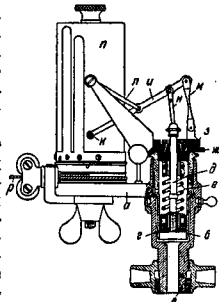
И. к. в. начали приобретать большое значение в текстильной промышленности с начала 20 в., и в числе их имеются весьма прочные и яркие красители. Нек-рые из них переводятся в *индизоли* (см.), что послужило лишним толчком к более усилению их производству. Несмотря на это не во всех странах, приступивших к самостоятельному производству красящих веществ, имеется производство И. к. в. кроме индиго, т. к. нек-рые из них потребляются в небольшом количестве, в силу чего самостоятельное производство И. к. в. является невыгодным.

Теоретич. интерес И. к. в. весьма велик, и исследования новых И. к. в. продолжаются.

Лит.: Шапошников В. Г., Общая технология волокнистых и красящих веществ, Москва—Киев, 1926; F i e r z - D a v i d H. E., Grundlegende Operationen der Farbenscheit, 3 Aufl., Berlin, 1924; F i e r z - D a v i d H. E., Künstliche organische Farbstoffe, B., 1928; M a y e r F., Chemie d. organischen Farbstoffe, 2 Aufl., Berlin, 1924; R o w e F., Colour Index, N. Y., 1924; «S», 1928, B. 61, p. 382; F r i e d l a e n d e r P., Fortschritte d. Teerfarbenfabrikation und verwandte Industriezweige, T. 15, Berlin, 1928; T r u t t w i n H., Enzyklopädie d. Kunstfarbstoffe, V. 1, Berlin, 1924; C a i n J., The Synthetic Dyestuffs, London, 1923; M a r t i n e t J., Matières colorantes L'indigo et ses dérivés, Paris, 1926; Карпы образцов I. G. Farben и Ciba. И. Мофф.

**ИНДИКАТОР**, аппарат для записи колебаний давления в цилиндрах поршневых машин в зависимости от положения одной из деталей основного механизма, чаще всего поршня, иногда от угла поворота главной вала и пр. Вычерчиваемая И. кривая, и н д и к а т о р н а я д и а г р а м м а, характеризует собой работу действующего агента (жидкости или газа) в цилиндре. И. разделяется на часть, воспринимающую давление, и на передающий и регистрирующий и й механизмы. Первая состоит обычно из поршня, нагруженного пружиной, или из мембраны, а вторые бывают весьма разнообразного устройства, и по способу передачи показаний различают И. механические, оптические, электрические, электропневматические.

**Теория и типы И.** Механический поршневой И. (фиг. 1) сист. Розенкранца представляет собой один из простейших типов. Он состоит из станины *а*, со сменным рабочим цилиндром *б*, к-рый коническим патрубком *в* сообщается с полостью цилиндра индицируемой машины. В цилиндре *б* ходит плотно притертый поршень *г*, соединенный со штангой *д* и с одним концом пружины *е*; второй конец последней прикреплен к крышке *жс*. На крышке находится вращающееся кольцо *з*, на к-ром укреплен передающий



Фиг. 1.

аппарат, состоящий из пишущего рычага *и* с карандашом *к*, двух подвесных тяг *л* и *м* и штанга *н*. Диаграмма вычерчивается карандашом на бумажном листе, натянута на барабан *п*, к-рый приводится в перемещающее движение шнурком *р*, намотанным в  $1\frac{1}{2}$ —2 оборота на нижнюю часть барабана. Обратное движение и необходимое натяжение шнурка совершаются спиральной пружиной, укрепленной одним концом в барабане, а другим—на неподвижной оси его. Механич. И. других систем отличаются от описанного лишь б. или м. существенными деталями. Работа И. заключается в следующем: пространство под поршнем сообщается с той полостью, давление к-рой *д*. б. индицировано. Под действием этого давле-

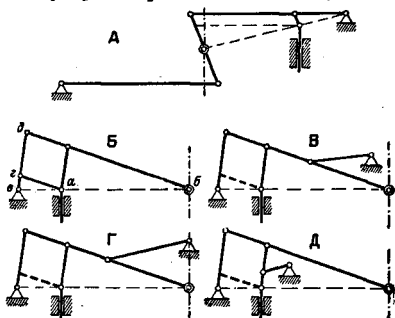


ния поршень  $z$  сожмет или растянет пружину  $e$ , и перемещение поршня в увеличенном масштабе будет отмечено карандашом  $k$ ; одновременно барабан  $n$  шпурком  $p$  поворачивается на угол, зависящий от перемещения какой-либо части индицируемой машины. Полученная диаграмма имеет ординаты, пропорциональные (в пределах точности передаточного механизма) перемещениям поршня  $И$ . (а не непосредственно давлениям), а абсциссы — углам вращения барабана (а не перемещениям соответственного органа индицируемой машины). В числе причин, искажающих показания  $И$ ., т. е. нарушающих пропорциональность между перемещениями поршня и давлениями, углами поворота барабана и перемещениями органа машины, при правильной установке и оперировании  $И$ ., главную роль играют силы инерции частей  $И$ . и передаточного механизма (механизма, передающего движения индицируемой машины барабану  $И$ .). Чем выше число оборотов индицируемой машины, тем затруднительнее правильная работа  $И$ . Оба главных движения  $И$ . должны быть строго пропорциональны давлению и перемещению выбранной детали индицируемой машины. Одним из главнейших условий правильного действия  $И$ . являются прямолинейность движения карандаша и пропорциональность его пути перемещениям поршня, для чего применяются рычажный механизм, известный в кинематике под названием *п р я м и л а*.

В индикаторе применяются два основных рода прямил: трехзвенное прямоило [*паралелограм Уатта* (см.)] и производные пантографного прямоила. Трехзвенное прямоило (фиг. 2, А) употребляется в виду его громоздкости сравнительно редко; оно является частным случаем четырехшарнирного механизма, у  $k$ -го средняя точка среднего звена вычерчивает кривую в виде восьмерки—лемнискоиду, часть  $k$ -рой достаточно близко напоминает прямую. Пантографное прямоило в чистом виде изображено на фиг. 2, Б. Если точка  $a$  движется по прямой, то точка  $b$  пишущего рычага, лежащая на одной прямой с  $a$  и  $e$ , движется также по прямой, причем ее скорость строго пропорциональна скорости точки  $a$ , но увеличена в отноше-

нии  $\frac{eb}{ae}$ . Пантографное прямоило применяется в чистом виде весьма редко, т. к. два близко лежащих шарнира  $e$  и  $e'$  вследствие неизбежной игры допускают значительные угловые перемещения туги  $ad$ , чем практически сводят на-нет достижимую теоретически точность. Обычно это прямоило применяется в одной из след. модификаций (пунктиром обозначен отсутствующий в действительности стержень  $ae'$ ): укороченное эллиптич. прямоило (фиг. 2, В), прямоило Эванса (фиг. 2, Г) и прямоило Кросби (фиг. 2, Д); все они обладают достаточно для практик. целей точностью; наиболее точным является прямоило Эванса, но получающаяся при этом конструкция несколько тяжела и поэтому мало пригодна для  $И$ ., предназначенных для быстросходных машин. В последних применяют прямоило Кросби, как обладающее наименьшей приведенной к штоку поршня массой.

Поршень  $И$ . находится в каждое мгновение своего движения под действием следующих сил: а) силы давления  $pf$  на поршень, где  $p$  — искомое давление, а  $f$  — известная площадь поршня; б) силы сжатой индикаторной пружины —  $cs$ , где  $c$  — постоянная пружины, а  $s$  — величина сжатия (растяжения) пружины, даваемая в увеличенном виде ординатой индикаторной диаграммы; в) силы трения поршня и передаточного механизма, полагаемой постоянной, равною  $\pm W$ ; г) силы, зависящей от поглощения энергии молекулярным трением в частях  $И$ .; так как



Фиг. 2.

энергия эта принимается пропорциональной квадрату скорости, то сила пропорциональна скорости движения поршня и равна  $e \frac{ds}{dt}$ , где  $e$  — коэф., определяемый для данных условий работы  $И$ . из опыта, а  $t$  — время; д) силы инерции движущихся масс  $И$ ., связанных с поршнем, пропорциональной

ускорению и равной  $m \frac{d^2s}{dt^2}$ , где  $m$  — масса движущихся частей, приведенная к движущемуся концу пружины (или, что то же, к поршню). Т. к. в каждый момент сумма всех сил, действующих на поршень, равна 0, то имеем следующее дифференциальное уравнение движения поршня:

$$pf - cs \pm W - e \frac{ds}{dt} - m \frac{d^2s}{dt^2} = 0. \quad (1)$$

В этом ур-ии величины  $f$  и  $s$  даны конструкцией  $И$ . Ур.,  $e$  и  $m$  определяются вычислением или опытом, величину  $s$  получают, измеряя соответственную ординату индикаторной диаграммы,  $\frac{ds}{dt}$  и  $\frac{d^2s}{dt^2}$  получают из самой индикаторной диаграммы, и т. обр. теоретически не встречается препятствий для точного определения значения  $p$  в каждый данный момент. На практике к этим вычислениям прибегают только в исключительных случаях. Из уравнения (1) видно, что, за исключением легко учитываемого влияния трения  $W$ , два остальных неизвестных члена зависят от скорости и ускорения частей  $И$ . Пока для данного  $И$ . не превышено некоторое число ходов в мин., зависящее от конструкции  $И$ . и абсолютной высоты диаграммы, влияние этих членов на диаграмму настолько мало, что ими можно на практике пренебречь. Вторым обстоятельством,

искажающим индикаторную диаграмму, является возникновение колебательных движений упругого звена индикаторного механизма (пружины, мембраны). Особенно сильно заметно влияние этих колебаний при резких изменениях давления у быстрходных двигателей, например у автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Общее ур-ие частоты колебаний  $z$  поршня И. имеет вид:

$$z = \frac{\sqrt{4c \cdot m - \varepsilon}}{4\pi m}; \quad (2)$$

отбрасывая  $\varepsilon$  в виду его малости, получаем:

$$z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m}} \quad \text{или} \quad m = \frac{c}{4\pi^2 z^2}. \quad (3)$$

Наибольшее отклонение поршня под влиянием сил инерции от положения, соответствующего действительному давлению:

$$\Delta y = \frac{a_{max} m}{c^2}$$

где  $a_{max}$  — максимальное ускорение поршня при  $\varepsilon = 1$ , определяемое опытом. Для удобства диаграммы важно не абсолютное значение  $\Delta y$ , а его отношение к максималь. ординате перемещения поршня  $y = \frac{p_{max}}{c}$ , т. е.

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{a_{max} m \cdot c}{c^2 \cdot p_{max}} \quad (4)$$

где  $p_{max}$  — максимальное индицируемое И. давление. Подставляя значение  $m$  из ур-ия (3) и замечая, что для данной И. и для данной формы индикаторной диаграммы  $a_{max} = -k \cdot n^2$ , где  $k$  — постоянная, а  $n$  — число оборотов индицируемого мотора, имеем:

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{k}{4\pi^2 \cdot p_{max}} \cdot \frac{n^2}{z^2} = K \cdot \frac{n^2}{z^2}. \quad (5)$$

Из ур-ия (5) видно, что наибольшая ошибка прямо пропорциональна квадрату чисел оборотов, обратно пропорциональна частоте собственных колебаний И. и кроме того при равных прочих условиях (высоте диаграммы) обратно пропорциональна величине максимального индицируемого давления. Все выведенные выше соотношения справедливы конечно для предположенного заданном закона изменения давлений в индицируемом цилиндре, т. е. для данной формы индикаторной диаграммы; от быстроты изменения давлений зависит и величина  $a_{max}$ , а следовательно и  $K$  в ур-ии (5). Для правильной работы И. необходимо, чтобы частота собственных колебаний была много больше числа оборотов индицируемого двигателя (для двигателей Дизеля в 12—15 раз, для двигателей, работающих по циклу Отто, в 16—20 раз). Обычно фирмы указывают границы применения И., далеко не соответствующие действительности, и для получения диаграмм, выражающих истинный ход процесса, рекомендуется использовать не более  $1/2$ — $1/3$  числа оборотов, указанных в проспектах фирм. Из сказанного понятно также, почему один и тот же И. может дать хорошую нормальную и совершенно непригодную диаграмму со слабой пружиной (увеличение  $K$  вследствие уменьшения  $p_{max}$ ).

И. для тихоходных машин не представляют значительных конструктивных трудностей и изготавливаются лишь в двух основных разновидностях — с внутренней, «горячей» (фиг. 1), или с наружной, «холодной» (фиг. 3), пружиной. Последний тип несколько сложнее, но предпочтительнее первого, т. к. нахождение пружины под действием вы-

соких  $t^\circ$  ведет к изменению структуры стали и механических качеств пружины. Пружины делают в настоящее время всегда двойной для избежания возникновения изгибающего момента под действием несимметричной нагрузки штока ординарной пружиной.

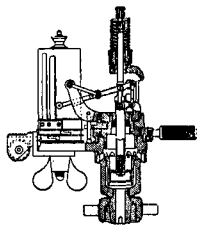
Пружины делают как для работы на сжатие (фиг. 1), так и на растяжение (фиг. 3). В большом употреблении пружины Кросби (фиг. 3) с шариком на соединительной части обеих ветвей, которым она соединяется со штоком; эта конструкция позволяет значительно облегчить шток поршня. Из особых конструкций поршня заслуживает внимания система Розенкранда (фиг. 4); в ней поршень состоит из ряда дисков, соединенных штоком, причем последний продолжен вглубь и служит направляющим; эта система обладает всеми достоинствами лабиринтового сальника и не коробится от разницы  $t^\circ$ , как обычные поршни Р- и М-образных сечений. Для того чтобы один и тот же индикатор мог быть использован для индицирования различных машин, его снабжают несколькими сменными пружинами, причем конечно соответственно меняется вертикальный масштаб диаграммы. Дальнейшее увеличение пределов применимости И. достигается употреблением вставных цилиндров с поршнями других диаметров; обычно площадки вспомогательного поршня берут в простом отношении к площади нормального.

Обозначая отношение площадей нормального поршня  $F$  к добавочному  $F_1$  через  $\kappa$ , мы должны в  $\kappa$  раз увеличить максимальное индицируемое давление и в  $\kappa$  раз уменьшить масштаб каждой пружины.

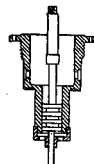
Существенной частью И. является барабан; он приводится обычно в переменное-возвратное вращательное движение от передаточного механизма, связанного обыкновенно с кривокопфом индицируемой машины; передача совершается при помощи особого шнура. На барабан в каждый момент действуют следующие силы (все — приведенные к средней окружности витка шнура на барабане радиуса  $r$ ): а) сила натяжения шнура  $S$ ; б) натяжение пружины, равное  $K_0 + K_1 y$ , где  $K_0$  — первоначальное натяжение ее,  $K_1$  — постоянная пружины и  $y$  — линейное перемещение средней окружности витка; в) сила инерции барабана, равная  $I \cdot \frac{d^2 \alpha}{dt^2}$ , где  $I$  — момент инерции массы барабана, равный  $m r^2$  ( $m$  — масса, отнесенная к средней окружности), а  $\alpha$  — угловое перемещение барабана; г) сила трения  $e$ . Замечая, что  $y = r \alpha$ , имеем следующее дифференциальное ур-ие движения барабана:

$$S - K_0 - K_1 y - m \frac{d^2 y}{dt^2} \pm e = 0. \quad (6)$$

Перемещение  $y_1$  механизма, приводящего



Фиг. 3.



Фиг. 4.

барабан во вращение, связано с перемещением барабана следующим уравнением:

$$y = y_1 - \frac{L}{E} \cdot S, \quad (7)$$

где  $L$ —длина шнура,  $E$ —модуль упругости его (при малых усилиях индикаторный шнур подчиняется закону Гука); подставляя в ур-е (7) величину  $S$  из ур-я (6), имеем:

$$y = y_1 - \frac{L}{E} (K_0 + K_1 y + m \frac{d^2 y}{dt^2} \pm e). \quad (8)$$

В первом приближении можно принять, что  $y = y_1$  и крещикopf совершает гармонич. колебания, т. е.  $y_1 = l \sin(\omega_1 t)$ , где  $l$ —ход барабана и  $\omega_1$ —угловая скорость индицируемого двигателя; отсюда

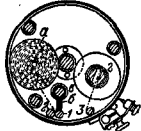
$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\omega_1^2 \sin(\omega_1 t) = -\omega_1^2 y_1;$$

подставляя это выражение в ур-е (8), получаем окончательное:

$$y = y_1 \left( 1 + \frac{Lm}{E} \cdot \omega_1^2 \right) - \frac{L}{E} (K_0 + K_1 y \pm e). \quad (9)$$

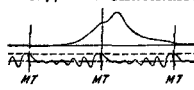
Из ур-я (9) видно, что силы инерции барабана при условии гармонич. колебания крещикopf не нарушают пропорциональности перемещений барабана и крещикopf; первоначальное натяжение пружины несколько смещает всю диаграмму в сторону; переменное натяжение обуславливает то, что масштаб абсцисс меняется по длине диаграммы; наиболее вредным оказывается по причине знакопеременности трение, поэтому его следует по возможности уменьшать.

Описанные системы И. служат для получения замкнутых однократных диаграмм нормального типа. Иногда, в частности для изучения процессов регулировки, является желательным снять целый ряд диаграмм т. о., чтобы они не покрывали друг друга, как это имеет место при нормальных И. Для этого И. снабжают специальным барабаном (фиг. 5); он укрепляется на месте нормального барабана и также приводится шнуром в перемменно-возвратное вращательное движение. Индикаторная бумага в длинном ролике  $a$  помещается внутри барабана; бумага проходит сначала между двумя роликами 1 и 2, из которых первый укреплен на рычажке  $b$  и прижимается пружиной  $e$ , затем бумага обгибает снаружи барабан и, пройдя по ролику 3, наматывается на валик  $g$ ; последний в конце каждого двойн. хода храповым механизмом поворачивается на нек-рый угол, так что новая диаграмма начинается каждый раз несколько отступя по горизонтали от предыдущей. Иногда является желательным получить абсциссы пропорциональными не перемещению поршня двигателя, а углу вращения коренного вала. В этом случае вращение коренного вала передается особому барабану, непрерывно продвигающему бумажную ленту под карандашом И. Для определения положения мертвых точек (МТ) поршня на И. укрепляют электр. аппарат, отмечающий моменты прохождения кривошипа через мертвые положения; иногда пишущий рычаг этого приспособления делают колеблющимся, и тогда, зная часто-



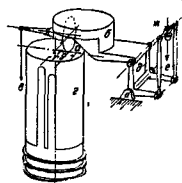
Фиг. 5.

ту его колебаний, можно пользоваться этими отметками также и при изучении протекания процессов во времени; диаграмма этого типа дана на фиг. 6. Иногда И. снабжают интегрирующим приспособлением, дающим непосредственно сумму работ, совершенных двигателем за измеренное число циклов. Принцип действия интегрирующего И. системы Бетхера



Фиг. 6.

виден из фиг. 7. Интегрирующий механизм состоит из колесика  $a$ , укрепленного в рамке  $b$  и прижимаемого пружиной  $e$  к верхней плоской поверхности индикаторного барабана  $z$ . Вращение колесика передается счетному механизму; рамка  $b$  соединена рычажным механизмом  $d$ ,  $e$  и  $жс$  со штоком И. так, что при атмосферном давлении колесико прикасается к цилиндру на расстоянии  $r_0$  от центра последнего, а при перемещениях штока И., соответствующих давлениям выше атмосферного, приближается к центру, причем величина перемещения  $r_0 - r$  пропорциональна перемещению поршня И. Отбрасывая погрешности и полагая, что перемещения поршня И. пропорциональны давлениям, а углу вращения барабана—пути поршня индицируемого двигателя, получаем:



Фиг. 7.

$$p = C_1 (r_0 - r), \\ ds = C_2 da, \quad (10)$$

где  $p$ —какое-нибудь давление в цилиндре двигателя,  $ds$ —бесконечно малое перемещение поршня двигателя и  $da$ —соответствующий (по времени) бесконечно малый поворот барабана И., а  $C_1, C_2$ —постоянные для данного индикатора и способа передачи. Работа  $dA$ , совершенная двигателем на пути поршня  $ds$ , равна

$$dA = F \cdot p \cdot ds$$

( $F$ —площадь поршня двигателя); подставляя значения  $p$  и  $ds$  из ур-й (10), получаем:

$$dA = FC_1 C_2 (r_0 - r) da. \quad (11)$$

Обозначая давления в цилиндре двигателя в течение переднего (рабочего) хода поршня через  $p_1 = C_1 (r_0 - r_1)$ , а при обратном ходе  $p_2 = C_1 (r_0 - r_2)$ , получаем индикаторную работу за один цикл:

$$A = F \int_0^S p_1 ds + F \int_0^S p_2 ds = F \int_0^S p_1 ds - F \int_0^S p_2 ds, \quad (12)$$

где  $S$ —ход поршня. Угол поворота  $\beta$  колесика пропорционален углу поворота барабана и расстоянию колесика от центра последнего, т. е.

$$d\beta = C_3 r da.$$

Т. к. при замкнутом цикле колесико проходит каждую абсциссу диаграммы дважды—один раз в прямом и другой раз в обратном направлении, то общий угол поворота колесика за цикл:

$$\beta = C_3 \left[ \int_0^a r_1 da + \int_a^0 r_2 da \right] = C_3 \left[ \int_0^a r_1 da - \int_0^a r_2 da \right]. \quad (13)$$

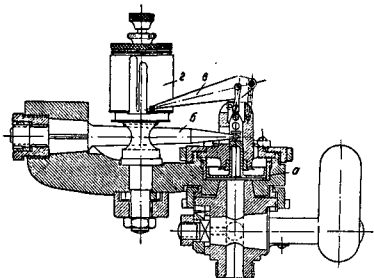
Подставляя в уравнение (12) значения  $p$  и  $ds$  из уравнений (10), имеем:

$$A = FC_1 C_2 \left[ \int_0^a (r_0 - r_1) da - \int_0^a (r_0 - r_2) da \right] = \\ = -FC_1 C_2 \left[ \int_0^a r_1 da - \int_0^a r_2 da \right];$$

подставляя сюда вместо разности интегралов ее значение из ур-ия (13), равное  $\frac{\beta}{C_3}$ , имеем окончательно за один полный цикл

$$A = -\frac{FC_1 C_2}{C_3} \beta = K\beta, \quad (14)$$

т. е. угол поворота колесика прямо пропорционален работе двигателя за один цикл; ясно, что если индицирование распространено на несколько циклов, то общий угол

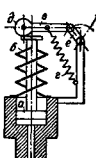


Фиг. 8.

поворота колесика будет пропорционален работе, совершенной за эти циклы. При этом следует однако иметь в виду, что уравнение (14) справедливо лишь для целого числа полных циклов; поэтому при индицировании малого числа оборотов двигателя надо принять меры к тому, чтобы И. был пущен в ход и остановлен в одной и той же точке цикла.

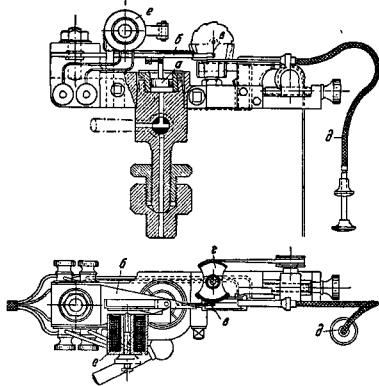
Все описанные выше системы И. пригодны лишь для индицирования двигателей с плавной диаграммой и небольшими числами оборотов. Значительное распространение легких двигателей внутреннего сгорания с резко изменяющимися давлениями и большими числами оборотов (в современных моторах гоночных машин до 7 000 об/м.

и выше) вынудило создать И. специальных конструкций с преимущественным применением оптических или электрич. систем регистрации. Одним из действительно быstroходных механич. И. является И. со стержневой пружиной, изображенный на фиг. 8; легкий поршень  $a$  опирается на сферич. конец стержневой пружины  $b$ , укрепленной в станине И.; перемещения поршня передаются пицциум механизмом  $e$  (прямиле Кросби) на барабан  $z$ . Собственное число колебаний этого индикатора равно: с пружины 1 мм—1 atm: 30 000—40 000 кол/м.; 2 мм—1 atm: 21 000—28 000 кол/м.; 0,5 мм—1 atm: 42 000—55 000 кол/м.; т. о. он м. б. при-



Фиг. 9.

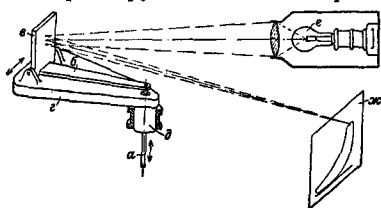
меняем с первой пружиной до 2 500 об/м., со второй — до 1 750 об/м. и с третьей — до 3 500 об/м. В микроиндикаторе системы Мадера совершенно отсутствует передаточный увеличивающий механизм (фиг. 9); перемещения поршня  $a$ , нагруженного спиральной пружиной  $b$ , передаются непосредственно рычажку  $e$  с карандашом; последний прижимается к штоку слабой пружиной  $z$  и совершает под действием особого приводного механизма  $e$  поперечное движение, причем пути его пропорциональны путем крейцкопфа индицируемого двигателя. Укрепленное в головке  $d$  рычажка острие чертит диаграмму на закопченной стеклянной или на целлюлозной пластинке; получающаяся диаграмма весьма мала (не более  $2 \times 2,3$  мм), так что дальнейшая обработка ведется под микроскопом. Последнее обстоятельство, в связи с тем, что число собственных колебаний не очень велико (применение спиральной пружины), сильно ограничивает распространение И. этой системы. Другой микроиндикатор, системы Коллинса, изображен на фиг. 10; здесь давление поршня  $a$  передается непосредственно на плоскую стальную пружину  $b$ , имеющую форму тела равного сопротивления. К концу пружины прикреплен легкий рычажок  $e$ , снабженный на конце острием, парапающим диаграмму на целлюлозной пластинке, натянутой на цилиндрический сектор  $z$ . Максимальный ход поршня равен 0,8 мм, соответствующее перемещение острия—3 мм. И. пускается в ход боуденовским шнуром  $d$  и снабжен электрическим приспособлением  $e$ , отнимающим острие от диаграммы по истечении одного целого цикла. В виду жесткости и большой частоты колебаний пластичатой пружины, этот И. пригоден для больших чисел оборотов.



Фиг. 10.

Общая принципиальная схема оптич. И. изображена на фиг. 11: перемещения стержня  $a$ , соединенного со штоком поршня (или с мембраной) И., пропорциональные давлениям, через посредство рычага  $b$  сообщают зеркалу  $e$  отклонения, которые также пропорциональны давлениям в цилиндре И. Вся рамка  $z$  с сидящим на ней зеркалом вращается вокруг вертикальной оси  $d$ , причем углы

поворота рамки пропорциональны перемещениям поршня индицируемого двигателя. Луч света от лампы *б* отбрасывается зеркалом и проектируется на матовый экран *жс*.

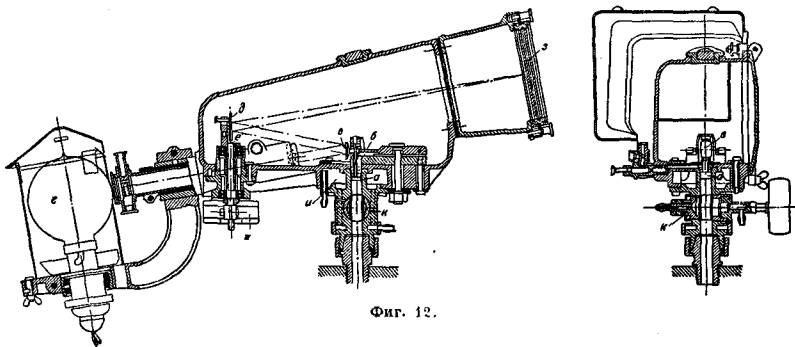


Фиг. 11.

При небольших значениях углов отклонения зеркала перемещения световой точки на экране пропорциональны: по оси абсцисс — перемещениям поршня, а по оси ординат — давлению, т. е. на экране появляется нормальная индикаторная диаграмма, к-рая м.б. рассматривается невооруженным глазом или

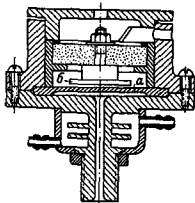
их является громоздкость и значительная восприимчивость к механич. толчкам и колебаниям индицируемого двигателя.

В последнее время учащаются попытки применить для целей передачи в И. переменный ток. На фиг. 13 изображен И. системы Юиши Обата (Токийский ун-т), а на фиг. 14 — его включение в цепь осциллографа. Конструкция и принцип действия И. очень просты: рабочей частью является толстая стальная мембрана *а* (2—3 мм толщ. и 50 мм  $\varnothing$ ), полость под которой сообщается с рабочим цилиндром индицируемого двигателя. Над мембраной на небольшом расстоянии прикреплен диск *б*, изолированный от корпуса И. Нижняя часть И. сделана в виде охлаждающей камеры, в которую пропускается вода. Принцип работы И. заключается в том, что мембрана *а* и диск *б* используются в качестве двух обкладок конденсатора *С*, включенного в колебательный контур *СL* небольшого лампового генератора. Изменение расстояния между обеими пластинками меняет емкость конденсатора, а следовательно



Фиг. 12.

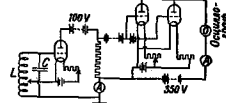
снята на фотографич. пластинку. Практич. выполнение оптического И. системы Берстол (Burstal) дано на фиг. 12. Поршень *а* опирается штоком непосредственно на пластинчатую пружину *б* в виде тела равного сопротивления, несущую на конце зеркальце *в*. Последнее отбрасывает луч света, посылаемый лампой *г* на зеркало *д*, к-рое сообщает лучу требуемое отклонение по оси абсцисс; для этого оно укреплено на оси *е*, вращающейся в шарикоподшипниках и приводимой в перенотно-возвратное вращательное движение сектором *жс*. Отраженный вторично луч падает на матовый экран *з*, заменяемый при желании кассетой с фотографич. пластинкой. Цилиндр и в кран И. охлаждаются водой. Хотя И. этого рода и обладают большой чувствительностью и собственной частота колебаний, вследствие использования лишнего массы пучка света в качестве рычага, весьма высока, но недостатком



Фиг. 13.

и настройку колебательного контура, вызывая тем самым колебания в анодной цепи генератора, к-рые после усиления в усилителе передаются на самопишущий осциллограф *О. Т.* к. частота собственных колебаний мембраны была определена в 480 000 кол/м. для 2-мм диафрагмы и в 720 000 кол/м. для 3-мм, то при помощи этого индикатора возможно индицирование весьма быстроходных двигателей. Крупным неудобством этого И. является трудность тарирования его, т. е. перевода ординат осциллограммы в давления, потому что большое количество промежуточных звеньев сильно влияет на передаточный коэф. Поэтому И. этой системы пригодны более для качественного, чем количественного, изучения процесса работы двигателя. Равным образом были попытки применения пьезокварца в качестве модулятора электрических колебаний, воспринимаемых затем после соответственного усиления осциллографом или регистрирующим струнным гальванометром.

и настройку колебательного контура, вызывая тем самым колебания в анодной цепи генератора, к-рые после усиления в усилителе передаются на самопишущий осциллограф *О. Т.* к. частота собственных колебаний мембраны была определена в 480 000 кол/м. для 2-мм диафрагмы и в 720 000 кол/м. для 3-мм, то при помощи этого индикатора возможно индицирование весьма быстроходных двигателей. Крупным неудобством этого И. является трудность тарирования его, т. е. перевода ординат осциллограммы в давления, потому что большое количество промежуточных звеньев сильно влияет на передаточный коэф. Поэтому И. этой системы пригодны более для качественного, чем количественного, изучения процесса работы двигателя. Равным образом были попытки применения пьезокварца в качестве модулятора электрических колебаний, воспринимаемых затем после соответственного усиления осциллографом или регистрирующим струнным гальванометром.



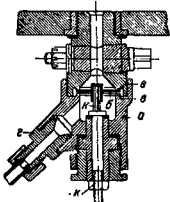
Фиг. 14.

На совершенно ином принципе основан ряд индикаторов для быстроходных двигателей, в которых конструкторы заранее отказываются от вычерчивания индивидуальных диаграмм, а прибегают к вычерчиванию средних диаграмм за целый ряд циклов. К И. этого типа относятся И. систем Юхаца (K. J. Juhasz) и Британского аэродинамич. ин-та (Royal Aircraft Establishment). В И. сист. Юхаца для записи служат обыкновенный механич. И., присоединенный к мотору помощью особого приспособления, к-рое сообщает пространство под поршнем И. лишь на весьма короткое время с полостью индицируемого цилиндра. Между началами двух смежных открываний соединительного канала между мотором и И. (заполненного маслом для более быстрой передачи давления) проходит промежуток времени

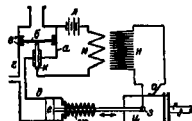
$$T = \left(1 + \frac{1}{n}\right) T_1,$$

где  $T_1$  — время одного оборота индицируемого двигателя; барабан индикатора двигается от того же приспособления с  $\frac{1}{n}$  скорости, соответствующей действительному числу оборотов двигателя. Т. о. карандаш И. за один оборот двигателя отмечает лишь давление, существовавшее в нек-рой точке хода поршня; при следующем обороте он отметит уже давление не в этой, а в другой точке, лежащей на  $\frac{1}{n}$  оборота впереди; т. к. за это время барабан переместится на угол, соответствующий  $\frac{1}{n}$  оборота, то давление опять будет отмечено на должной абсциссе, и через  $n$  или  $2n$  оборотов (для двух- и четырехтактных двигателей) будет окончена одна полная диаграмма, представляющая собой до известной степени среднюю за истекшие  $n$  или  $2n$  оборотов. Понятно, что при этом способе правильная диаграмма м. б. получена лишь при вполне установившейся работе двигателя. В виду того, что все движения И. при этом замедлены в  $n$  раз, влияние инерционных сил практически равно нулю.

И. Британского аэродинамич. ин-та изображен на фиг. 15, общая схема установки — на фиг. 16.



Фиг. 15.



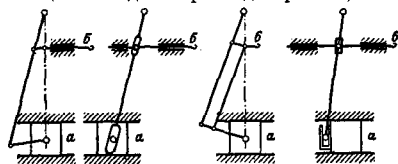
Фиг. 16.

В цилиндре а И. помещается весьма легкий клапан б, опирающийся с обеих сторон на клапанные седла в, в. Верхняя часть цилиндра сообщается с цилиндром индицируемого двигателя, а нижняя часть через патрубок г — с цилиндром пниющего приспособления д и с резервуаром, в к-ром в течение опыта давление понижается от максимального, достигаемого в цилиндре мотора, до атмосферного или, в случае необходимости, и ниже последнего. В цилиндре ходит поршень е, находящийся под действием пружины ж и снабженный штоком, на к-ром укреплено металличес. острое з, соединенное с одним концом вторичной обмотки трансформатора н. В нижнем положении ventиль прикасается к штифту к и т. о. замыкает цепь батареи л через перичную обмотку трансформатора м. Каждый раз как клапан б, поднимаясь или опускаясь, размыкает или включает ток в первичной обмотке трансформатора, во вторичной индуктируется толчок тока, ведущий к искровому разряду между острием з и барабаном и, к-рый включен в цепь вторичной обмотки посредством контакта о. Барабан и с натянутой на нем тонкой бумагой совершает вращательное движение с угловой скоростью коренного вала индицируемого двигателя. Поршень е медленно следует изменению давления в резервуаре с сжатым воздухом, и его положение всегда соответствует величине давления в цилиндре д и нижней части цилиндра а И. Каждый раз как давление в рабочем цилиндре двигателя, возрастая или убывая, уравнивается с давлением в нижней части цилиндра а, клапан б замыкает или размыкает ток в первичной обмотке трансформатора, и на соответствующем месте бумажной полосы, натянутой на барабан и, пробивается искрой небольшое отверстие. После того как давление в резервуаре упадет ниже наименьшего давления в цилиндре двигателя, на бумажной полосе рядом точек будет вычерчена полная (развернутая) индикаторная диаграмма. Т. к. в И. этой системы единственной деталью, совершающей переменное-возвратные движения, является очень легкая тарелка клапана, путь к-рой к тому же равен всего ~0,8 мм, то влияние сил инерции можно практически считать исключенным.

**Установка И.** Правильность показаний И. в значительной мере зависит от надлежащего присоединения его к индицируемому двигателю и от устройства и установки приводного механизма для передачи движения барабану И. Общими принципами, которыми необходимо руководствоваться при проектировании индикаторных гнезд, являются следующие: канал, сообщающий внутреннее пространство цилиндра, д. б. по возможности короток, не иметь внезапных изменений направления и сечения; не должен ни при каких положениях частей двигателя закрываться поршнем или какой-либо деталью распределительного механизма; в двигателях внутреннего сгорания д. б. достаточно хорошо проветриваем, чтобы в нем не могли собираться дотгорающие газы; в насосах не должен допускать возможности образования воздушных мешков, а в паровых машинах должен иметь небольшой уклон для стока конденсационной воды в цилиндр двигателя. В малых двигателях и в поршневых машинах с очень малым вредным пространством (компрессоры) добавочное вредное пространство, получающееся вследствие присоединения к объему цилиндра дополнительного объема И., может совершенно исказить действительные условия работы. В этих случаях при малом числе оборотов (действительном или фиктивном, как в И. системы Юхаца) можно помочь этому, заполняя всю полость соединительного канала и И. жид-

костью. Способ снятия одним И. диаграмм одновременно на обеих сторонах парового цилиндра помощью длинной трубки и трехходового крана, соединяющего И. попеременно с одной и другой стороной цилиндра, ведет к грубым погрешностям вследствие значительного увеличения вредного пространства, инерции масс пара, находящихся в трубке, и мятая пара при прохождении через загнуты трубки и трехходовой кран. Хотя правильность работы И. не зависит от положения последнего, но принято за правило в паровых машинах ставить его вертикально вверх для облегчения удаления конденсата из цилиндра И., а при индицировании насосов—наклонно вниз, чтобы воздух, попавший в цилиндр И., выходил из него и не образовывал воздушного мешка.

Нормальным способом приведения в движение барабана является применение ходоуменьшителя рычажного или роликового типа, получающего движение от крестков, штока или поршня машины. Наиболее точным является рычажный ходоуменьшитель, однако его конструкция и установка требуют также известного внимания, чтобы углы поворота барабана, а следовательно и абсциссы индикаторной диаграммы, были

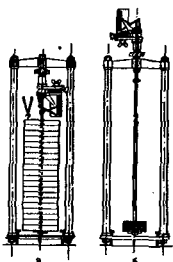


Фиг. 17.

действительно пропорциональны путям,ходимым поршнем. Условием, достаточным для правильного действия передаточного механизма, является соблюдение закона механического подобия части, воспринимающей движение, и части, передающей его дальше. На фиг. 17 изображены 4 рычажных ходоуменьшителя, удовлетворяющих этому условию и дающих вполне точную пропорциональность между перемещениями ползуна *a* и крючка *b* для индикаторного шнура; понятно, что шнур должен двигаться по одной прямой с направлением движения крючка *b*, т. е. в противном случае в виду конечной длины шнура угол между шнуром и направлением движения будет изменяться при движении, и т. о. пропорциональность будет нарушена. Коэф. ходоуменьшения  $\nu$  равен коэф-ту механич. подобия, т. е. отношению линейных размеров двух любых подобных частей механизма (в дальнейшей мы считаем всегда меньшей части к большей, т. е.  $\nu < 1$ ). Роликовый ходоуменьшитель, пользующийся значительным распространением, состоит из большого легкого барабана, на который навивается шнур, прикрепленный непосредственно к крестков; этот барабан сидит на одном валу с малым роликом, на к-рый наматывается шнур, приводящий в движение И. В большом барабане помещается спиральная пружина, служащая для натяжения шнура; маленький ролик делают сменным, различных диаметров, для того чтобы

при различных ходах поршня индицируемого двигателя получить оптимальную длину индикаторной диаграммы. Коэффициент ходоуменьшения равен отношению диаметров ролика и барабана. Роликовые ходоуменьшители, в виду их значительной массы и затруднений при надевании шнура непосредственно на двигающийся с большой быстротой стержень крестков, обычно не применяются при числах оборотов свыше 500 в мин. При индицировании двигателей внутреннего сгорания, не имеющих штока и крестков, с механизмом, часто совершенно закрытым в камере, приходится осуществлять привод барабана И. от какой-либо части двигателя, вращающейся со скоростью коренного вала и жестко с ним связанной. При этом однако необходимо, чтобы механизм, превращающий вращательное движение в переменовозвратное, был механически подобен кривошипно-шатунному механизму двигателя и в частности чтобы отношение длины шатуна к плечу кривошипа было одинаковым как у двигателя, так и у приводного механизма. В настоящее время часто уже при проектировании двигателей предусматривают приводный механизм для индикатора.

**Испытание И.** Как всякий контрольный прибор И. должен от времени до времени подвергаться проверке. Проверяют отдельно правильность работы передаточного (регистрающего) механизма И., т. е. пропорциональность отклонений карандаша и перемещений поршня И., и масштаб индикаторной пружины в горячем или в холодном состоянии; попутно определяют величину трения *W*, выраженную в единицах давления. Наиболее существенным является определение масштаба пружины И., к-рое производят в специальных аппаратах, подобных изображенным на фиг. 18. Нагрузка совершается грузами, тарированными таким образом, что каждая гиря соответствует давлению в 0,5 atm или 1,0 atm на нормальный поршень (при поршне в 20 мм —  $\frac{\pi}{2}$  и  $\pi$  кг, при поршне 20, 27 мм—соответственно 1,613 и 3,226 кг). Для испытания пружин на сверхдавление индикатор ввинчивают в нижнее гнездо переключины (фиг. 18, а) и последовательно нагружают через 1 или 0,5 atm, смотря по масштабу пружины, причем каждый раз проводят вращением барабана горизонтальную черту на натянутой на нем бумаге; после полной нагрузки совершают таким же порядком разгрузку, отмечая снова положения карандаша. Для определения масштаба пружины при вакууме индикатор ввинчивают в верхнее гнездо переключины (фиг. 18, б) и нагружают гирями, соответствующими давлениям 0,1 atm. По окончании испытаний снимают бумагу с отметками и определяют средний масштаб одним из



Фиг. 18.

следующих 4 способов. Обозначим давления  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , соответствующие им ординаты, полученные при нагрузке через  $h'_1, h'_2, \dots, h'_n$ , а при разгрузке— $h''_1, h''_2, \dots, h''_n$ . Средняя величина трения механизма И., выраженная в ординате диаграммы:

$$h_w = \frac{(h'_1 - h''_1) + (h'_2 - h''_2) + \dots + (h'_n - h''_n)}{2n}. \quad (15)$$

Определяем средние ординаты

$$h_1 = \frac{h'_1 + h''_1}{2}; \quad h_2 = \frac{h'_2 + h''_2}{2}; \quad \dots; \quad h_n = \frac{h'_n + h''_n}{2};$$

тогда средний масштаб ординат  $\mu$ , т. е. величина ординаты, соответствующая давлению 1 atm:

$$\mu = \frac{1}{n} \left( \frac{h_1}{p_1} + \frac{h_2}{p_2} + \dots + \frac{h_n}{p_n} \right)$$

или

$$\mu = \frac{1}{n-1} \left( \frac{h_2 - h_1}{p_2 - p_1} + \frac{h_3 - h_2}{p_3 - p_2} + \dots + \frac{h_n - h_{n-1}}{p_n - p_{n-1}} \right)$$

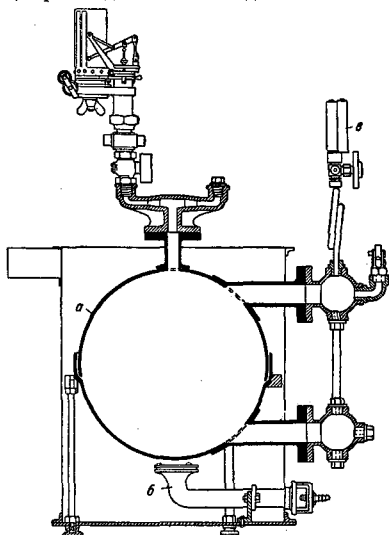
или

$$\mu = \frac{h_n}{p_n}$$

или

$$\mu = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}$$

При правильно работающем И. величины  $\mu$ , вычисленные по этим четырем методам, различаются между собой весьма мало (0,1—0,3%); более сильные расхождения указывают на неисправное состояние И. При работе И. с внутренней (горячей) пружиной вследствие изменения  $t^\circ$  изменяются диаметр поршня и размеры пружины, а также и модуль упругости; т. о. тарировка этих И., произведенная в холодном состоянии,



Фиг. 19.

может сильно расходиться с действительными показаниями аппарата при высокой  $t^\circ$ . Для возможности испытания И. в условиях, близких к их нормальной работе, аппараты для испытания снабжают доба-

вочным патрубком, позволяющим производить обтегование И. паром, получаемым из небольшого котла, или же производят нагрузку поршня не грузами, а непосредственно паром, получаемым в особом котле  $a$  (фиг. 19); котел нагревается газовой горелкой  $b$  и снабжен обычной арматурой; манометр  $c$ , служащий для определения величины действительного давления в котле, д. б. особенно точным. Тарировку производят тем же способом, что и выше, путем постепенного нагревания и охлаждения котла. Для измерения  $t^\circ$  внутри И. удаляют крышку и заменяют ее термометром особой конструкции. При отсутствии возможности тарировать И. в горячем состоянии можно воспользоваться следующей ф-лой, дающей зависимость между масштабами холодного и горячего ( $\mu$  и  $\mu_1$ ) И. в зависимости от темп-ры  $t$  внутри последнего:

$$\mu_1 = \mu [1 + 0,0004 (t - 20)].$$

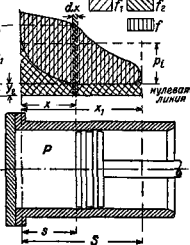
Считая среднюю  $t^\circ$  внутри И. при индировании паровой машины ок.  $120^\circ$ , имеем  $\mu_1 = 1,04 \mu$ , т. е. ошибка достигает 4%. Для проверки правильности работы пишущего механизма независимо от пружины служит прибор, состоящий из микрометрич. винта, гайка которого ввинчивается в гнездо И., а винтом, после удаления пружины, поднимают поршень И. на определенную величину и отмечают соответственное положение карандаша. Зная фактический ход поршня и измеряя соответств. передвижение карандаша, проверяют степень пропорциональности обоих движений при различных положениях поршня. Для той же цели служит набор втулок различной длины с нарезками на концах, одинаковыми с нарезками гвезд индикаторных пружин (фиг. 20); ввинчивая их последовательно вместо пружины, заставляют поршень принимать различные, строго определенные положения.

**Индикаторная диаграмма.** Нормальная индикаторная диаграмма (фиг. 21) представляет собой, после учета и исправления всех ошибок, в соответственном масштабе кривую давлений в рабочем цилиндре машины в зависимости от положения крейцкофда или, что то же, поршня. Работа поршня двигателя простого действия на бесконечно малом участке пути  $ds$ , на котором давление  $p$  можно считать постоянным,  $dA = F \cdot p \, ds$  (где  $F$ —площадь поршня двигателя), или за один рабочий цикл:

$$A = F \left( \int_0^S p_1 \, ds + \int_0^0 p_2 \, ds \right) = F \left( \int_0^S p_1 \, ds - \int_0^0 p_2 \, ds \right),$$



Фиг. 20.



Фиг. 21.



а т. к.  $p = \frac{v}{\mu}$ , а  $s = \frac{x}{\nu}$ , где  $\nu$  — коэффициент хо-  
доуменьшения, то

$$A = \frac{F}{\mu \cdot \nu} \left( \int_0^{x_1} y_1 dx - \int_0^{x_2} y_2 dx \right) = \frac{F}{\mu \nu} \cdot (f_1 - f_2), \quad (17)$$

где  $f_1$  — площадь, ограниченная верхней кривой диаграммы и двумя крайними ординатами, а  $f_2$  — площадь, ограниченная нижней кривой и теми же ординатами; называя площадь самой диаграммы через  $f$  и замечая, что  $f = f_1 - f_2$ , имеем окончательно:

$$A = \frac{F}{\mu \cdot \nu} \cdot f. \quad (18)$$

Из ф-лы (18) видно, что площадь диаграммы выражает собой в известном масштабе работу двигателя за один рабочий цикл. При этом однако надо всегда иметь в виду, что площадь эта получена как разность площадей при прямом и обратном ходе поршня; т. е. площади петель  $s$  на диаграммах 5, 6, 7, 24 (см. таблицу) д. б. вычтены из площади остальной части диаграммы. Для вычисления мощности двигателя бывает удобнее заменить индикаторную диаграмму фиктивной, представляющей собою прямоугольник с основанием  $S$ , равным ходу поршня, и с постоянной высотой, равной  $p_i$  — т. н. среднему индикаторному давлению; тогда работа  $A$  поршня за один цикл

$$A = F \cdot S \cdot p_i. \quad (19)$$

Мощность двигателя  $L$  равняется работе, совершаемой им в единицу времени, т. е.  $L = \frac{A}{T}$ , где  $T$  — продолжительность одного цикла в секунду, равная  $\frac{60 \cdot m}{n \cdot 2}$ ,  $n$  — число об/м. машины, а  $m$  — общее число ходов поршня за один цикл. Подставляя эти выражения в уравнение (19) и приводя единицы к  $\text{кгм/сек}$ , имеем:

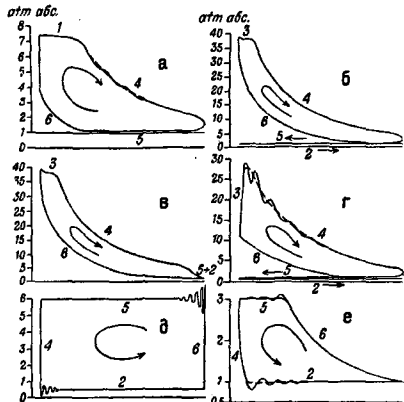
$$L = \frac{n}{30m} \cdot F \cdot S \cdot p_i, \quad (20)$$

где  $S$  — в м,  $F$  — в  $\text{см}^2$ ,  $p_i$  — в  $\text{кг/см}^2$ ,  $n$  — об/м. Называя  $v = \frac{2S \cdot n}{60}$  средней скоростью поршня, получаем окончательно мощность  $N_i$  в HP:

$$N_i = \frac{1}{75} \cdot F \cdot p_i \cdot \frac{v}{m}. \quad (21)$$

Все приведенные ф-лы относятся к двигателям простого действия; двигателя двойного действия, например обыкновенная паровая машина, д. б. рассматриваемы как два двигателя простого действия, сидящие на общем штоке; мощность ее получается суммированием мощностей отдельно для передней и задней полостей цилиндра. На фиг. 22 (стрелки внутри диаграмм обозначают направление прохождения цикла) изображены нормальные индикаторные диаграммы паровой машины (а), четырехтактного двигателя Дизеля (б), двухтактного двигателя Дизеля (в), четырехтактного газового двигателя (г), водяного насоса (д) и компрессора (е). Эти диаграммы отражают в себе все происходящие в цилиндре двигателя процессы (отдельные фазы обозначены следующими цифрами: 1 — наполнение, 2 — засасывание, 3 — горение или взрыв, 4 — расширение, 5 — выталкивание и 6 — сжатие). В четырехтактных двига-

телях внутреннего сгорания часть нормальной диаграммы, относящаяся к периоду выталкивания сгоревших газов и засасывания смеси, настолько сжата по высоте в виду незначительности возникающих при этом давлений, что она не дает никаких указаний относительно работы органов распределения



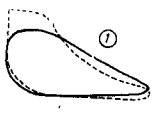
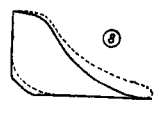
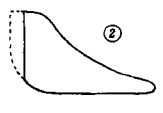
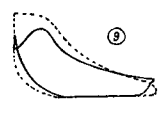
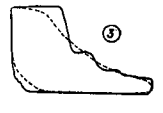
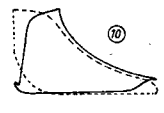



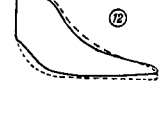


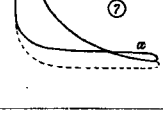

Фиг. 22.

за эти две фазы. Для получения ясной картины хода этих процессов снимают диаграмму со слабой пружиной; при этом верхняя часть не выходит совершенно, так как шток поршня И. упирается своим ободком в ограничитель хода, но зато нижняя часть диаграммы выступает очень рельефно и дает возможность проверить прорезку цилиндра. Равным образом на нормальных индикаторных диаграммах двигателей внутреннего сгорания нельзя с достаточной степенью точности проследить процессы, протекающие около мертвых точек, в виду малой скорости поршня, а следовательно и сильной сжатости абсцисс диаграммы по времени. Путем снятия т. н. с м е щ е н ы х диаграмм (фиг. 23) можно с достаточной точностью исследовать процессы воспламенения и горения, которые протекают вблизи мертвого положения поршня. Для получения такой диаграммы необходимо движение барабана И. сообщать не от поршня или связанной с ним детали индицируемого двигателя, а от ползуна, приводимого в движение от коренного вала кривошипно-шатунным механизмом с углом опережения в  $90^\circ$  относительно кривошипа индицируемого цилиндра. В многоцилиндровых двигателях с кривошипами под  $90^\circ$  для этой цели м. б. использован другой цилиндр, иначе неизбежно устройство специального приводного приспособления. Описанные выше роды диаграммы называются а м к у т ы х; из них только нормальная пригодна для вычисления мощности двигателя непосредственно по ее площади,



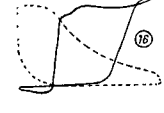

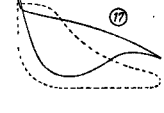
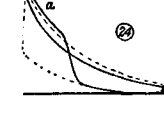
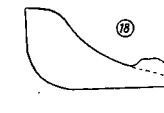

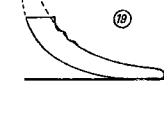
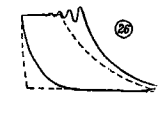
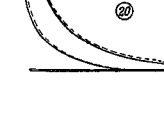
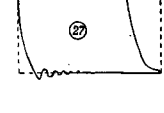




Фиг. 23.

Таблица неправильностей индикаторных диаграмм

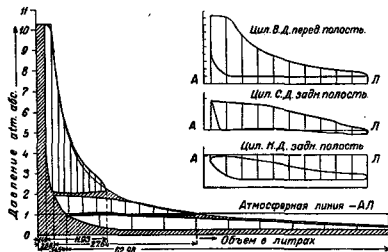
Диаграмма	Отступление от нормы и причина	Диаграмма	Отступление от нормы и причина
	Скругление реальных переходов и отставание всех процессов: сильное мятые пара из-за действия длинных и узких каналов между II и цилиндром машины		Линии сжатия и расширения проходят много ниже нормальной, причем разница постепенно возрастает: утечка пара через весьма неплотный выпускной орган
	Часть диаграммы по длине сревана: индикаторный шпур слишком длинен; барабан утяжелен в ограничитель хода до того, как успеет совершить полный ход		В конце линии сжатия вместе почти — линии расширения пересекают нормальную: сжатие начинается слишком рано, впуск и выпуск — слишком поздно, паровпускной орган неплотен
	Отсутствие закруглений при переходах линий; колебания поршня не располагаются по обе стороны линии равномерно; сухое трение поршня II или попавший в цилиндр II песок		Сильное искажение индикаторной диаграммы вследствие ошибки в установке эксцентрика: все процессы сдвинуты в направлении запаздывания
	Диаграмма прервана в двух местах по высоте: карандаш выстучал слишком далеко назад и задевает за рычаги пишущего механизма		Быстрое падение давления в период впуска, линия выпуска лежит частью ниже нормальной: влияние инерции паровых масс во впускной и выпускной трубах
	Диаграмма образует петлю в конце линии сжатия: слишком высокое сжатие, обусловленное ранним закрытием паровпускного канала		Линия расширения вначале идет ниже теоретической, под конец — выше, линия выпуска выше нормы: неплотный поршень машины, перепускание пара из соседней полости цилиндра
	Диаграмма образует петлю в конце линии расширения: общая степень расширения слишком велика для данной машины, период впуска пара слишком мал		Линии расширения и сжатия лежат по всей длине ниже соответствующих адбатов: небольшая неплотность парораспределительного органа; цилиндр все время сообщается с выпускном
	Диаграмма образует петлю в начале линии выпуска (машина с конденсацией): противодавление выпуска очень велико, значительное мятые при выпуске или плохой вакуум		Линия сжатия проходит выше нормальной, в начале линий впуска и выпуска имеются острые углы: впуск открывается, а выпуск открывается слишком рано

с указанием причин отклонений их от нормы.

Диаграмма	Отступление от нормы и причина	Диаграмма	Отступление от нормы и причина
	Линия расширения в начале проходит немного ниже, а под конец — выше нормальной, линия выпуска — возмущена: конденсация пара при впуске и испарение конденсата при расширении; сильное мятые при выпуске		Линии расширения, сжатия и горения лежат ниже, а линия выпуска — выше нормы: неправильный ход процесса вследствие слишком раннего открытия и позднего закрытия выпускных окон
	Полное искажение диаграммы вследствие неправильной установки органов парораспределения: впуск и выпуск сильно запаздывают, полное отсутствие расширения и сжатия пара		Линия врыва идет слишком наклонно, вначале имеется острый угол, значительные колебания II: зажигание сильно запаздывает, число оборотов или данного II слишком велико
	Полное искажение диаграммы: впуск продолжается слишком долго, выпуск открывается поздно и мало, сжатие слишком высоко вследствие высокого начального давления		В конце линии сжатия имеется боковая петля: слишком раннее (непроизвольное) зажигание в середине хода сжатия; полезная работа цикла почти равна нулю
	Диаграмма в общем нормальная, лишь в конце расширения давление внезапно возрастает: впуск пара — в конце хода, слишком короткая вспомогательный золотник Мейера		Линия сжатия лежит ниже, линия расширения — выше нормальной, давление всасывания вначале ниже нормы: объем вредного пространства очень велик, всасывающий клапан туго открывается
	Линия горения ограничена прямой с резкими углами по концам: влита слишком слабая пружина II, так что поршень его останавливает максимального давления		Линии сжатия и расширения идут выше нормальной, конец линии сжатия поднят: нагнетательный клапан неплотно закрывается, сжатый газ непрерывно вытекает в цилиндр
	Линия горения резко поднимается, линии расширения и сжатия лежат ниже нормы: слишком бурное сгорание, клапан или поршень неплотны		Линии сжатия и расширения имеют характер гипербола, в начале линии сжатия острый угол: в цилиндре насоса имеется воздух; всасывающий клапан не сразу закрывается
	Линия горения сильно понижается, линия расширения постепенно превышает нормальную: медленное вытеснение топлива и догорание его при расширении, выхлоп закрывается поздно		Линия выпуска выгнута вверх, в конце ее острый угол, в начале — сильные колебания II: паровый клапан туго открывается и не сразу закрывается, слишком малое сечение выхода

числу оборотов и размерам двигателя. Для специальных исследований бывает иногда желательно по оси абсцисс откладывать не положения поршня, а другие величины, связанные с работой двигателя, например угол поворота коренного вала. В этом случае диаграмма примет вид, изображенный на фиг. 6. Другие разновидности открыты в кривых диаграмм м. б. получены, если диаграммной бумаге дать постоянную скорость движения (диаграмма: давление — время), если перемещение бумажной ленты сделать пропорциональным сумме перемещений поршня, откладываемых все время в одном направлении (открытая диаграмма; давление — путь поршня), и т. д.

В паровых машинах с несколькими ступенями расширения (или сжатия — в компрессорах), в к-рых одно количество пара работает последовательно в нескольких цилиндрах, для исследования суммарной работы данного количества пара при прохождении через машину прибегают к так наз. р а н к и н и з и р о в а н и ю диаграмм. Для этого перечерчивают индикаторные диаграммы последовательно проходимых паром сторон цилиндров машины (напр. передней стороны цилиндра высшего давления, задней стороны цилиндра среднего давления и передней стороны цилиндра низкого давления), приводя их к одному вертикальному масштабу и изменяя горизонтальный масштаб пропорционально объемам отдельных цилиндров



Фиг. 24.

(фиг. 24). Измененные т. о. диаграммы вычерчивают вместе, на общих осях координат, причем абсциссы мертвых точек впуска делают равными величинам вредных пространств соответственного цилиндра в приятном для него масштабе объемов. Обычно для сравнения общей работы данного объема пара с т. наз. теоретической проводят адиабату, изображаемую равнобочной гиперболой и ограничивающую теоретическую индикаторную диаграмму. Для построения этой линии достаточно кроме осей координат, служащих ей асимптотами, знать еще одну ее точку. Существует несколько способов отыскания ее: 1) если известен расход пара на один цикл, то, вычислив его объем при начальных условиях впуска в цилиндр высокого давления, откладывают его в соответствующих координатах; 2) берут на-глаз или по диаграмме парораспределения точку конца впуска в цилиндр высокого давления и проводят гиперболу через нее. Отношение суммы площадей ран-

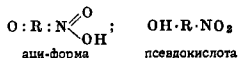
низированных диаграмм к площади, ограниченной давлением впуска, адиабатой, наибольшим объемом занятого паром пространства в цилиндре низкого давления и осями координат, называется коэффициентом полноты диаграмм и служит до известной степени мерилом использования энергии пара в машине. Строго говоря, ранкинизирование применимо лишь для того случая, когда одно количество пара, не увеличиваясь и не уменьшаясь, протекает через несколько цилиндров; т. о. для машин с большими ресиверами ранкинизирование является приближенным способом. Как видно из вышесказанного, индикаторная диаграмма является действительным средством для выяснения ошибок и неисправностей функционирования двигателей. В приводимой таблице дан ряд примерных индикаторных диаграмм, взятых из практики, с указанием их отступлений от нормальных, и причин, вызвавших эти неправильности.

*Лит.*: Грамберг А., Технич. измерения и испытания машин, т. 1, вып. 5—Индикатор, пер. нем., М., 1926; В е р ш т а д с к и й Д. И., Руководство при практике пользования индикатором, счетным мощност. и регистратором нагрузки, М., 1926; Х е д е р Г., Индикатор, пер. с нем., М., 1903; B r a n d J. u. S e u f e r t F., Technische Untersuchungsmethoden z. Betriebsüberwachung, 5 Aufl., B., 1926; S t a u s A., Der Indikator u. seine Hilfseinrichtungen, B., 1914; H a e d e r K., Der Indikator und die Kraftanlage, 3 Aufl., B., 1928; W i l k e W., Der Indikator u. das Indikatorogramm, Lpz., 1916 (см. лит. до 1915 г.); L o w F. R., Steam Engine Indicator, N. Y., 1910; «Z. d. VDI», 1921, B. 65, p. 973; *ibid.*, 1922, V. 66, p. 298, 326, 740; *ibid.*, 1923, B. 67, p. 814; *ibid.*, 1924, B. 68, p. 477, 811; «Ztschr. f. Instrumentenkunde», Berlin, 1928, V. 48, p. 14; «Mechanical Engineering», N. Y., 1927, V. 49, p. 543, 1312; «Engineering», London, 1927, V. 124, p. 253; *ibid.*, 1922, Jg. 113, p. 16; *ibid.*, 1923, v. 115, p. 31, 240; «Automotive Industries», Philadelphia, 1921, v. 45, p. 474; *ibid.*, 1928, v. 59, p. 78; «Automobile Engineers», L., 1923, v. 43, p. 150, 250; «Auto-Technik», B., 1923, Jg. 12, p. 19, 23; *ibid.*, 1927, Jg. 16, 26, 19, 20, 22; «Mechanical Worlds», Manchester, 1928, v. 83, p. 400, 436; «Motorwagen», B., 1929, Jg. 26, p. 86; *ibid.*, 1928, Jg. 31, p. 10; «Motorcar», L., 1924, v. 53, p. 1023; «Motorship», L., 1924, v. 5, p. 256; «Forschungshefte der Auto-Technik», Berlin, 1925, H. 2; «Technical Report of the Aeronautical Research Committee for the Year 1926/27», London, 1928, p. 137; «Oil Engine Power», Washington, 1928, v. 6, p. 815.

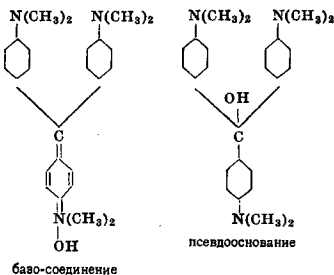
**ИНДИКАТОРЫ в химии**, вещества, прибавляемые в весьма незначительном количестве к раствору одного из участвующих в реакции веществ для того, чтобы при помощи цветной реакции установить конец (или в некоторых случаях начало) процесса, протекающего между этим веществом и другим, прибавляемым к нему при титровании (см. *Анализ титметрический*). Особенно важное значение имеют применяемые в ацидиметрии и алкалиметрии кислотно-щелочные И. В качестве последних находят применение многие естественные и синтетич. красящие вещества (см. *Стр. ТЭ*, т. I, стр. 445), отличающиеся способностью изменять свою окраску при перемене активной кислотности среды, в которой они растворены. Последнее обстоятельство обуславливает широкое применение таких И. для измерения концентрации водородных ионов по индикаторному способу.

В. Оствальд разработал теорию кислотно-щелочных индикаторов. Они являются слабыми электролитами (кислотами или основаниями), причем ионы их имеют окраску, отличную от окраски недиссоциированных молекул. Прибавление к-т или соответствен-

но щелочей к раствору, в котором присутствует  $\text{I}_2$ , оказывает существенное влияние на ионизацию последнего, а следовательно на его окраску, которая, по В. Оствальду, зависит от заряда иона индикатора, подобно тому как заряд иона марганата обуславливает его окраску, отличную от окраски перманганата, имеющего неодинаковый с ионом марганата заряд. Однако в виду того, что некоторые индикаторные реакции протекают в течение измеримого промежутка времени (тогда как ионные реакции должны были бы протекать мгновенно), а также в силу некоторых других возражений, выставленных против теории Оствальда, — этой теории была противопоставлена химич., т. н. хромофорная теория, предложенная Ганчем (Hantzsch). Последний на примере некоторых нитросоединений и нитрофенолов, также служащих  $\text{I}_2$ , равно как и на других примерах, показал, что  $\text{I}_2$  в зависимости от условий могут принимать форму двух неодинаково окрашенных изомеров. Такой изомеризацией и объясняется, по мнению Ганча, перемена окраски  $\text{I}_2$ . Так, нитросоединения могут иметь две изомерные формы: аци-форму (или соответственно базо-форму) и форму псевдокислоты (соответственно — псевдооснования); напр. для  $n$ -нитрофенолов:



Аналогичная изомеризация наблюдается и у основного красителя, каким является кристаллиолет:



Параллельно с протекающей во времени изомеризацией, сопровождаемой переменной окраски, изменяется и электропроводность раствора, содержащего смесь обеих форм  $\text{I}_2$ . С точки зрения Кольтоффа хромофорная теория не дает объяснения перехода окраски, но указывает лишь на явление, которое протекает одновременно с изменением окраски. Вместе с изменением окраски изменяется также и строение; однако это само по себе не может служить причиной изменения окраски. Такой причиной является равновесие между ионогенной аци-формой и нормальной псевдоформой данного соединения, применяемого в качестве  $\text{I}_2$ ; установление же этого равновесия является процессом уже не ионного характера, в отличие от ионного процесса диссоциации одной из обеих форм  $\text{I}_2$  (именно ионной формы). Поэтому константа диссоциации (см. Диссоциация электролитич-

еская)  $\text{I}_2$  является как же и с суммарной константой (см. Концентрация водородных ионов), слагающейся из истинной константы диссоциации ионогенной формы  $\text{I}_2$  и константы равновесия между обеими изомерными формами  $\text{I}_2$  (аци-формой и псевдоформой). Такая точка зрения согласуется между собой обе теории  $\text{I}_2$ : ионную — Оствальда и хромофорную — Ганча.

Кроме поименованных двух теорий  $\text{I}_2$ . Вольфгангом Оствальдом была еще предложена коллоидная теория, сводящая изменение окраски  $\text{I}_2$  к изменению степени дисперсности его коллоидальных частиц. Однако эта последняя теория, недостаточно подтвержденная фактами, не может объяснить многообразия явлений, связанных с изменением окраски  $\text{I}_2$  под влиянием ионов водорода и гидроксила. Во всяком случае, каждому красителю, могущему иметь применение в качестве кислотного-щелочного  $\text{I}_2$ , свойственна определенная область изменения окраски, выраженная в единицах  $\text{P}_n$  (см. Водородные ионы). В зависимости от положения этой области на всей шкале значений  $\text{P}_n$ , а также в зависимости от раздвинутости пределов этой области  $\text{I}_2$  может иметь большее или меньшее применение для целей титрования. Однако именно эта специфичность положения области перемены окраски для различных  $\text{I}_2$  позволяет применять различные  $\text{I}_2$  с целью определения концентрации водородных ионов различных растворов, встречающихся в биологических и технологич. объектах исследования, и служит поэтому основанием для индикаторного метода определения концентрации водородных ионов. Подробный перечень применяемых в качестве  $\text{I}_2$  химич. соединений и природных красителей, равно как и подробности о их применении, — см. *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 445. О методике измерения  $\text{P}_n$  индикаторным методом — см. Концентрация водородных ионов.

Лит.: Кольтофф И. М., Применение цветных индикаторов к нейтрализационному анализу и к колориметрич. определению концентрации водородных ионов, пер. с нем., 3 изд., Л., 1929; Леманн Г. У., Измерение концентрации водородных ионов, пер. с нем., М., Л., 1929; Мясловидер Е., Определение концентрации водородных ионов в жидкостях перевод с нем., Ленинград (печатается). Ситник W. M., The Determination of the Hydrogen Ions, Baltimore, 1925. Б. Беринский В.

**ИНДИКАТОРЫ резонанса**, приборы, измеряющие, хотя бы и относительно, силу тока, т. к. при резонансе сопротивление контура минимальное (равное его активному сопротивлению) и ток достигает в этот момент наибольшего значения. Главнейшие из этих приборов следующие. 1) Т е п л о в о й а м п е р м е т р (миллиамперметр), который включается или последовательно в контур волномера (см.) или параллельно нескольким виткам катушки самоиндукции волномера. Т. к. показания теплового амперметра пропорциональны квадрату силы тока, проходящего через него, или, что то же, потерям на джоулев эффект в самом приборе, то шкала амперметров волномера градуируется обыкновенно на квадрат силы тока и самый прибор называется в этом случае *ватт-метром* (см.). Момент резонанса соответствует наибольшему показанию прибора. 2) К р и

сталлический детектор с телефоном. Схемы приключения его к волномеру указаны на фиг.; относительная слышимость их такова: схема № 1—55, № 2—85, № 3—45, № 4—10, № 5—40, № 6—15. Схема № 6 применяется при больших токах в контуре, причем детектор с телефоном можно заменять и тепловым амперметром. Схемы № 6 и 4 удобны тем, что сопротивление детекторного контура не влияет на колебательный контур. Из других схем наибольшее затухание в контур волномера вносит схема № 3, а наименьшее—схема № 5.

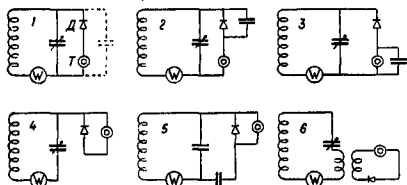
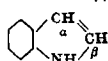


Схема № 1 обладает тем недостатком, что емкость соединительных (к телефону и детектору) проводов, а также и емкость самого телефона, включается параллельно емкости волномера и вносит тем самым искажения в его показания. Этот недостаток полностью исключается в схеме № 4. Во всех схемах момент резонанса отмечается наиболее сильным звуком в телефоне. 3) Кристаллический детектор с гальванометром постоянного тока. Приключение к волномеру происходит или по схеме № 1 или по схеме № 6, где телефон заменяется гальванометром. Показания гальванометра пропорциональны постоянной составляющей тока детекторной цепи, и оно наибольшее в момент резонанса. 4) Термомогальванометр (термоамперметр), к-рый представляет собой термопару в соединении с чувствительным гальванометром постоянного тока. Включается термогальванометр (термоамперметр) в контур вместо ваттметра или непосредственно (при слабых колебаниях) или через трансформатор тока (при сильных колебаниях). Момент резонанса отмечается наибольшим показанием гальванометра. 5) Гелиевая трубка, к-рая приключается параллельно зажимам конденсатора волномера. В момент резонанса, если напряжение на конденсаторе будет надлежащей величины, трубка вспыхивает розовым светом. Применения И. резонанса в литературу о них см. *Измерения в радиотехнике*. Д. Кошарников.

**ИНДОЛ**, бензопиррол,  $C_8H_7N$ , соединение, содержащее в молекуле бензольное кольцо, конденсированное с пиррольным. Индол образует бесцветные листочки с  $t_{пл.} 52,5^\circ$  и  $t_{кип.} 257^\circ$ ; легко растворяется в воде, летуч с водяными парами; отличается характерным фекальным запахом, но после тщательной очистки и при достаточном разведении приобретает довольно приятный запах; при действии кислот осмалывается и полимеризуется; со щелочными металлами дает металлич. производные. Подобно пирролу И. дает цветные реакции; так, основную лучинку, смоченную крепкой HCl,



И. окрашивает в ярко вишневый цвет. И. легко окисляется и переходит через ряд промежуточных соединений в индиго (см.).

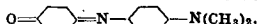
Небольшие количества И. находятся в целлюлозных экстрактах, а также образуются при гниении белковых веществ вместе со скатолом ( $\beta$ -метилиндолом); наряду с этим следует отметить присутствие И. в некоторых эфирных маслах (жасминном, неролиевом); более значительные количества И. находятся в тяжелых маслах (фракции, кипящие при  $220-260^\circ$ ) каменноугольного легтя, откуда его и добывают: тяжелые масла освобождают от фенолов и сильных оснований, после чего их нагревают с натрием или с амидом натрия до  $250^\circ$ ; образующийся при этом натрий-индол отделяют механически и разлагают водой.

И. находит ограниченное применение в парфюмерии, в приготовлении синтетических душистых веществ.

**ИНДОФЕНОЛЫ**, продукты умеренного окисления производных диоксидифениламина.

I.  $OH-C_6H_4-N=C_6H_4=O$   
II.  $NH_2-C_6H_4-N=C_6H_4=O$   
III.  $NH_2-C_6H_4-N=C_6H_4=NH$

Простейший И. имеет строение (I), с возможной осциллирующей двойной связью. Вместе с инданилами (II) и индаминами (III) продуктами окисления производных аминоксидифениламина и диаминодифениламина, И. являются производными хинононо- и хинондиаминь (см. *Хиноны*). В последнее время термин инданилин заменили И., придав т. о. последнему более широкое значение. Все эти продукты—интенсивно окрашенные тела, дающие соли в случае инданинов с к-тами и в случае И. со щелочами; они весьма нестойки в кислой среде и разлагаются на производные хинонов и аминов. Первый простейший инданилин был получен в 1877 г. Нейцким (Nietzki) [1] при действии на молекулярную смесь *n*-фенилендиамина и анилина строго теоретич. количеством окислителя. Процесс необходимо вести при сильном перемешивании смеси и при возможно низкой  $t^\circ$ . При замене амина фенолом в продукте реакции получается И. Для получения И. более употребителен метод конденсации нитропродуктов с амином или фенолами, причем конденсирующим агентом является крепкая серная к-та и конденсация ведется при наружном охлаждении до  $-20^\circ$  [2]. И.—важные промежуточные продукты для синтеза красящих веществ, преимущественно азиновых, оксазиновых, тиазиновых и сернистых. Самостоятельное же значение имеет лишь И. строения



к-рый является дешевым суррогатом индиго [3], т. к. подобно последнему дает растворимый куб. но не обладает выдающейся прочностью индиго. Механизм получения И. еще не вполне ясен, и для его выяснения предложено несколько теорий [4-6].

Лит.: 1) В. В. 10, p. 1157; 2) Lange O., Schwefelkohlenstoff, ihre Herstellung u. Verwendung, 2. Aufl., Lpz., 1925; 3) F. P. 15917; Friedländer P., Fortschritte d. Teerfabrikation und verwandter Industriezweige, T. 1, p. 283, B., 1920; 4) Buchner H. Th., Lehrbuch d. Farbenchemie, 2. Aufl., Lpz., 1921;

\*) F i e r z-D a v i d Н. Е., Künstliche organische Farbstoffe, В. 1936; Фибронидов Н. Н., Основы синтеза красителей, М.—Л., 1925; \*) его же, Ступени в синтезе красителей, Л., 1928. И. Иоффе.

**ИНДУКТАНЦ**, индуктивное сопротивление цепи, произведенное из индуктивности цепи на круговую частоту синусоидального тока, проходящего в цепи; обозначается:  $x = \omega L$ . Индуктанц—частное обозначение реактивного сопротивления для того случая, когда влияние индуктивности цепи преобладает над влиянием емкости, т. е. для того случая, когда ток отстает от напряжения. Если преобладает влияние емкости, то реактивное сопротивление называется емкостным, или капацитанцем.

**ИНДУКТИВНАЯ СВЯЗЬ**, взаимодействие двух контуров при помощи самоиндукции или взаимной индукции, общей или взаимной для обоих контуров; частным случаем И. с. (при помощи самоиндукции) является *автотрансформаторная связь* (см.). И. с. часто называется также трансформаторной, магнитной; это—наиболее часто встречающийся в электротехнике и радиотехнике вид *связи* (см.); о применениях И. с. в электротехнике (почти всегда связанных с ферромагнитными механизмами) см. *Трансформатор*. Коэффициент связи для И. с. дается соотношением:

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}},$$

при обозначениях согласно фиг. 1.

И. с. при возбуждении незатухающими вынужденными колебаниями (фиг. 2). Вследствие обратного воздействия вторичной цепи на первичную результирующее сопротивление  $R_1'$  первичной цепи (кажущееся сопротивление) увеличивается:

$$R_1' = R_1 + \left(\frac{\omega M}{Z_2}\right)^2 \cdot R_2,$$

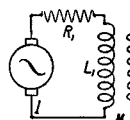
где

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}.$$

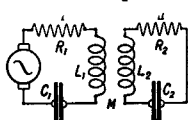
По тем же причинам коэффициент самоиндукции первичного контура уменьшается; его величина

$$L_1' = L_1 - \left(\frac{\omega M}{Z_2}\right)^2 \cdot L_2.$$

В том случае, если И. с. имеет место между двумя контурами, включающими кроме  $L$



Фиг. 2.



Фиг. 3.

и  $L$  также и  $C$  (емкость), то величина кажущегося сопротивления (фиг. 3) остается той же, как и выше, но

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right)^2},$$

самоиндукция же выражается ф-лой:

$$L_1' = \left(L_1 - \frac{1}{\omega^2 C_1}\right) - \left(\frac{\omega M}{Z_2}\right)^2 \left(L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right).$$

В этом случае получаются зависимости между токами  $i_1$  и  $i_2$  в виде

$$i_1 = \frac{E}{\sqrt{A^2 + \omega^2 \left[ \left(L_1 - \frac{1}{\omega^2 C_1}\right) - \left(\frac{\omega M}{Z_2}\right)^2 \left(L_2 - \frac{1}{\omega^2 C_2}\right) \right]^2}}$$

$$i_2 = \frac{E}{Z_2 \sqrt{A + \omega^2 \left[ \left(L_1 - \frac{1}{\omega^2 C_1}\right) - \left(\frac{\omega M}{Z_2}\right)^2 \left(L_2 - \frac{1}{\omega^2 C_2}\right) \right]^2}}$$

где  $A = R_1^2 + \left(\frac{\omega M}{Z_2}\right)^2$ . Токи  $i_1$  и  $i_2$  получают

максимальное значение, когда множитель в квадратных скобках у второго слагаемого (в знаменателе выражений  $i_1$  и  $i_2$ ) превращается в нуль. В том случае, когда  $R_2$  можно пренебречь по сравнению с  $\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}$ , условие максимума осуществляется при двух резонансных частотах

$$\omega' = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2 - 1}{2(1-k^2)}},$$

$$\omega'' = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2 + 1}{2(1-k^2)}},$$

которые существуют одновременно в обоих контурах. Частные случаи: 1)  $k \approx 1$ ;

$\omega' \approx \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2}{\omega_1^2 + \omega_2^2}}$ ;  $\omega'' \approx \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2}{1-k^2}}$ ; 2)  $k \ll 1$ ;

$\omega' \approx \frac{\omega_2}{\sqrt{1+k^2}}$ ;  $\omega'' \approx \frac{\omega_1}{\sqrt{1-k^2}}$ ; 3)  $\omega_1 = \omega_2 = \omega$  (случай резонанса между I и II контурами);

$\omega' \approx \frac{\omega}{\sqrt{1+k}}$ ;  $\omega'' \approx \frac{\omega}{\sqrt{1-k}}$ . Наилучшая связь, характеризующаяся максимальным значением  $i_2$ , получается из равенства  $\frac{d i_2}{d M} = 0$  в виде  $M = \frac{\sqrt{R_1 \cdot R_2}}{\omega}$ .

И. с. двух колебательных контуров. При схеме по фиг. 4 в каждом из контуров (с частотами: I— $\omega_1$ , II— $\omega_2$ ) существуют одновременно два колебания с частотами

$$\omega' = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2 + \sqrt{(\omega_1^2 + \omega_2^2)^2 - 4\omega_1^2\omega_2^2(1-k^2)}}{2(1-k^2)}},$$

$$\omega'' = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2 - \sqrt{(\omega_1^2 + \omega_2^2)^2 - 4\omega_1^2\omega_2^2(1-k^2)}}{2(1-k^2)}},$$

причем часто  $\omega' < \omega_1$ ;  $\omega'' > \omega_2$ .

Коэф. связи  $k$  определяется выражением:

$$k^2 = \frac{\lambda_1^2 - \lambda_2^2}{\lambda_1^2 + \lambda_2^2} = \frac{\lambda_1^2 - \lambda_2^2}{\lambda_1^2 + \lambda_2^2} \approx \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda}.$$

Логарифмический декремент затухания частот связи в ф-ии от первоначальных первичного и вторичного контуров выражается так:

$$\delta' = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-k}}, \quad \delta'' = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+k}}.$$

При очень слабой связи  $i_2' = i_2'' = i_2$  и

$$i_{2_{res}}^2 = C \cdot 4\pi^2 \cdot \frac{1}{\delta_1 \delta_2 (\delta_1 + \delta_2)},$$

где  $C$ —постоянная, а  $i_{2_{res}}$ —сила тока при резонансе; отсюда

$$\delta_1 + \delta_2 = 2\pi \left(1 - \frac{f_2}{f_1}\right) \sqrt{\frac{i_2^2}{i_{2_{res}}^2 - i_2^2}},$$

выражение, играющее большую роль при измерениях в радиотехнике.

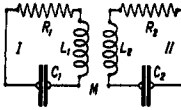
Измерение коэффициента И. с. При обозначениях по фиг. 5, коэф. связи

может быть определен измерением напряжений в различных точках схемы по формуле

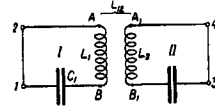
$$k = \sqrt{\frac{V_{12}}{V_1} \cdot \frac{V_{21}}{V_2}}$$

где  $V_{12} = \omega I L_{12}$  — напряжение между точками А и В;  $\omega$  — угловая частота;  $V_1 = i\omega L_1 I_1$ ;

отсюда  $\frac{L_{12}}{L_1} = \frac{V_{12}}{V_1}$  (при этом контур II разомкнут, возбуждается же только контур I).



Фиг. 4.



Фиг. 5.

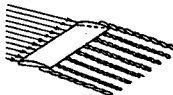
Затем процесс измерения повторяется при разомкнутом контуре I и возбуждении контура II; в этом случае получается  $\frac{L_{21}}{L_2} = \frac{V_{21}}{V_2}$ .

Подобности см. Связь.

Лит.: см. Связь.

**ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ**, сопротивление, к-рое получается у движущегося в жидкости тела при наличии циркуляции, обусловливающей по теореме Жуковского некоторую подъемную силу от определенной системы вихрей, образовавшихся в жидкости при движении данного тела (см. *Вихревая теория*). Эти вихри образуются следующим образом.

Предположим, что нек-рое крылообразное тело движется в воздухе; у него сила сопротивления получается как за счет трения, так и за счет придания некоторой массе воздуха определенных скоростей. При наличии у этого крыла подъемной силы, т. е. силы, перпендикулярной к направлению движения потока, струя над крылом сужается, а под крылом расширяется, за счет чего соответственно получаются большие и меньшие скорости разн. направлений; от этого по всему размаху крыла образуются вихри, составляющие общую вихревую пелену (фиг. 1), которая, сходя с крыла, практически вследствие вязкости воздуха по-прежнему размаивается.



Фиг. 1.

В теории И. с. пользуются методом, часто применяемым в гидродинамике: предполагается, что крыло создало определенную систему вихрей и эти вихри вызывают определенное поле скоростей. Чтобы охватить математич. анализом действие вихрей на окружающую их жидкость, предполагается, что с задней кромки крыла сбегает множество элементарных вихрей с циркуляцией  $J$ , причем, т. к. с точки зрения гидродинамики всякий вихрь не может кончиться внезапно, то в согласии с теорией подъемной силы крыла аэроплана предполагается, что сбегает с крыла вихри идут внутри крыла в виде нек-рых фиктивных, т. наз. при соединенных вихрей с циркуляцией в каком-либо сечении крыла плоскость, перпендикулярной размаху, равной сумме циркуляций элементарных вихрей, проходящих по одну сторону этой плоскости.

Согласно вихревой теории, вихри вызывают в потоке некоторую добавочную скорость; последняя, слагаясь с относительной скоростью движения крыла, дает ту истинную скорость, с которой воздух подходит и отходит от крыла. В общем случае эта вышесказанная скорость не постоянна по размаху крыла, а будет зависеть от интенсивности расположения элементарных вихрей, составляющих сходящую с крыла вихревую пелену. В частном случае система вихрей будет состоять из концевых и присоединенных прямолинейных вихрей — это т. н. П-образные вихри. В некоторых случаях практики для упрощения расчетов м. б. принята приближенно эта схема распределения вихрей.

Зная вызванные определенной системой вихрей скорости и составив уравнение связи крыла с потоком, т. е. связь между гидродинамич. величинами, характеризующими поток, и величинами, характеризующими крыло данной формы, можно найти и необходимые характеристики каких угодно крыльев. Теория И. с. играет чрезвычайно большую роль в практике аэродинамич. расчета самолетов (см. *Аэродинамика*, расчет самолета), т. к. она позволяет по продумкам индивидуальных крыльев находить характеристики любых сложных крыльев.

Так, по характеристике моноплановых крыльев различных профилей можно найти характеристики сложных крыльев, скомбинированных из этих профилей и как угодно расположенных в крыле; такими крыльями будут конические крылья, крылья с различными установками профилей, т. н. скрученные крылья, бипланы, тандемы и т. д.

Рассмотрим влияние прямолинейного бесконечного шнура с циркуляцией  $J$  (фиг. 2) на какую-либо точку жидкости А и определим вызванный этим шнуром скорость в этой точке. Согласно сказанному в статье «Вихревая теория» (ТЭ, т. 3, ст. 776), бесконечно малый элемент шнура  $ds$  вызовет в точке А элементарную скорость

$$dv = \frac{J}{4\pi r^2} \cdot \sin \varphi \, ds. \quad (1)$$

Так как  $r = \frac{x}{\sin \varphi}$  и  $ds = \frac{r \, d\varphi}{\sin \varphi} = \frac{x}{\sin^2 \varphi} \, d\varphi$ , то вызванная элементарная скорость

$$dv = \frac{J}{4\pi x} \cdot \sin \varphi \, d\varphi.$$

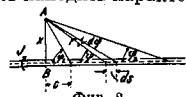
Интегрируя в пределах углов от  $\varphi_2$  до  $\varphi_1$ , получим полную скорость точки А от действия части вихря, заключенного между этими углами:

$$v = \frac{J}{4\pi x} \int_{\varphi_2}^{\varphi_1} \sin \varphi \, d\varphi = \frac{J}{4\pi x} (\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1). \quad (2)$$

В случае бесконечного шнура  $\varphi_2 = 0$ ,  $\varphi_1 = \pi$  и скорость

$$v = \frac{J}{2\pi x}. \quad (3)$$

В случае полшнура, т. е. шнура, только одним концом простирающегося в бесконеч-

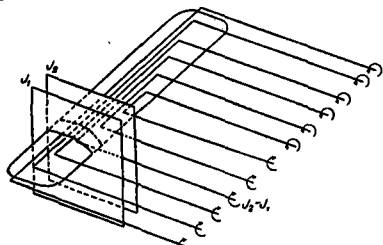


Фиг. 2.

ность, а другим лежащего на перпендикуляре  $AB$ ,  $\varphi_2 = 0$ ,  $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$  и скорость

$$v = \frac{J}{4\pi x}. \quad (4)$$

Рассмотрим скорость, вызванную вокруг крыла вихревой пеленой. Для этого будем полагать, что эта вихревая пелена аналогична бесконечному ряду П-образных вихрей (фиг. 3). Возьмем какое-нибудь сечение крыла плоскостью, перпендикулярной к раз-



Фиг. 3.

маху и направленной по потоку, а также второе сечение, бесконечно близкое к первому. Обозначим циркуляцию по контуру, охватывающему крыло и находящемуся в проведенной плоскости, соответственно через  $J_1$  и  $J_2$ . Выберем прямоугольную систему координат т. о., чтобы ось  $X$  шла по размаху крыла, ось  $Y$  — по направлению движения крыла и ось  $Z$  — перпендикулярно первым двум. Пусть на фиг. 4 кривая  $BXC$  представляет собою закон распределения циркуляции по размаху. Обозначим абсциссы положений вихрей через  $x$ , а абсциссы точек крыла — через  $\xi$ . По ф-ле (4) скорость, вызванная элементом вихря с абсциссой  $x$  в точке  $A$  с абсциссой  $\xi$ , будет:

$$dv = \frac{1}{4\pi} \frac{dJ}{dx} \frac{dx}{x - \xi}. \quad (5)$$

Интегрируя это выражение по всему крылу, т. е. в пределах от  $-\frac{l}{2}$  до  $+\frac{l}{2}$ , получим скорость, вызванную рассмотренной системой вихрей в точке  $A$ :

$$v = \frac{1}{4\pi} \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \frac{dJ}{dx} \frac{dx}{x - \xi}. \quad (5)$$

Рассмотрим теперь действие на поток вокруг крыла одного П-образн. вихря (фиг. 5). По ф-ле (4) можно найти скорость, вызванную одним полуциркулем:

$$v = \frac{J}{4\pi x}.$$

Эта скорость по размаху будет меняться по гиперболич. закону. Найдем среднюю по размаху величину этой вызванной скорости и назовем ее  $v_{cp}$ . Т. к. концевые вихри, как показывает опыт, идут на некотором расстоянии от конца крыла, то обозначим раз-

мах крыла через  $l$ , расстояние между центрами вихрей — через  $l_1$  и расстояние от центра вихря до конца крыла — через  $e$ ; тогда

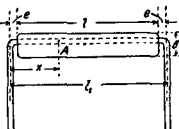
$$e = \frac{l_1 - l}{2}.$$

Величина средней скорости

$$v_{cp} = \frac{1}{l} \int_e^{l+e} v dx = \frac{J}{4\pi l} \int_e^{l+e} \frac{dx}{x} = \frac{J}{4\pi l} \ln \frac{l+e}{e}.$$

Так как в нашей системе имеются два вихря, то вызванная каждым вихрем средняя скорость удваивается, и средняя скорость, вызванная двумя концевыми вихрями в точке  $A$ , лежащей на присоединенном вихре, выражится след. образом:

$$v_{cp} = \frac{J}{2\pi l} \ln \frac{l+e}{e}.$$



Фиг. 5.

Приближенно, на основании опыта, можно принять, что  $l_1 = l \cdot 1,05$ , тогда

$$\ln \frac{l_1 + l}{l_1 - l} \approx 4,$$

и следовательно средняя скорость

$$v_{cp} = \frac{2J}{\pi l}. \quad (6)$$

Чтобы найти ур-ние связи крыла с потоком, воспользуемся теоремой Н. Е. Жуковского (см. *Аэродинамика*, т. 1, ст. 835), по которой подъемная сила через циркуляцию выражается след. обр.:

$$P = \rho \cdot J \cdot V \cdot l. \quad (7)$$

С другой стороны, эту подъемную силу можно выразить также следующей ф-лой (см. *Аэродинамика*, т. 1, ст. 841, ф-ла 6):

$$P = \rho \cdot C_y \cdot S \cdot V^2. \quad (8)$$

Сравнивая эти две ф-лы, получаем:

$$J = \frac{C_y \cdot S \cdot V}{l} = C_y \cdot b \cdot V;$$

подставляя же это выражение для  $J$  в ф-лу (6) и вводя обозначение  $\lambda = \frac{l}{b}$ , которое называется относительным размахом или удлинением крыла, найдем:

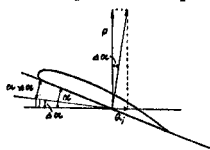
$$v_{cp} = \frac{2}{\pi l} \cdot C_y \cdot b \cdot V = \frac{2}{\pi l} \cdot C_y \cdot V. \quad (9)$$

Наличие этой скорости, вызванной вихрями, обуславливает собой отклонение относительной скорости потока  $u$  крыла на определенный угол  $\Delta\alpha = \frac{v_{cp}}{V}$ . Этот угол называется скомом потока. Вследствие наличия скоса потока крыло в действительности встречает поток не под углом атаки  $\alpha$ , а под углом  $\alpha - \Delta\alpha$  (фиг. 6).

Подъемная сила крыла, движущегося со скоростью  $V$ , перпендикулярна скорости движения крыла. Это — та подъемная сила, с к-рой обыкновенно оперируют и к-рую находят при аэродинамич. испытаниях крыльев. Вследствие того, что направление потока скошено на угол  $\Delta\alpha$ , подъемная сила также откинута назад на угол  $\Delta\alpha$ . Если спроектировать ее на направление движения крыла, то получится некоторая сила  $\Phi_i$ , направленная по скорости движения, т. е. некоторая сила лобового сопротивления, вызванная строением самого потока около



крыла и называемая индуктивным сопротивлением. Но при движении крыла от трения поверхности крыла о воздух



Фиг. 6.

и от различных побочных вихреобразований создается еще сила лобового сопротивления, зависящая исключительно от индивидуальных особенностей профиля крыла. Это сопротивление называется

$$Q = Q_i + Q_p.$$

Т. к. скос потока является величиной сравнительно небольшой и проекция подъемной силы на новое направление изменит ее очень мало, то приближенно принимают, что подъемная сила за счет скоса потока изменяется незначительно; большее же изменение ее происходит за счет изменения угла атаки.

Согласно фиг. 6 И. с. выражается следующим образом:

$$Q_i = P \cdot \Delta \alpha,$$

а полное лобовое сопротивление

$$Q = P \cdot \Delta \alpha + Q_p.$$

Подставив в эту формулу выражения сопротивлений через коэф-ты сопротивлений, будем иметь:

$C_x = q \cdot S \cdot V^2 = C_y \cdot q \cdot S \cdot V^2 \cdot \Delta \alpha + C_p \cdot q \cdot S \cdot V^2$ , где  $C_p$  можно назвать коэф-том профильного сопротивления. Деля все выражение на  $q \cdot S \cdot V^2$ , получим:

$$C_x = C_y \cdot \Delta \alpha + C_p, \quad (10)$$

или  $C_x = C_i + C_p$ , где  $C_i$  — коэффициент индуктивного сопротивления, выражающийся следующим образом:

$$C_i = C_y \cdot \Delta \alpha. \quad (11)$$

Кэф. профильного сопротивления, как зависящий от индивидуальных особенностей профиля, не м. б. найден теоретическим путем; кэф. же И. с. зависит от угла скоса:

$$\Delta \alpha = \frac{v_{ep}}{V}.$$

Подставляя сюда найденное значение для средней вызванной скорости, получим:

$$\Delta \alpha = \frac{2}{\pi \lambda} \cdot C_y, \quad (12)$$

или, выражая угол скоса в градусах,

$$\Delta \alpha^\circ = 57,3 \frac{2}{\pi \lambda} \cdot C_y.$$

Т. о. коэф. И. с. может быть представлен следующей ф-лой:

$$C_i = \frac{2}{\pi \lambda} \cdot C_y^2. \quad (13)$$

Это — ур-е параболы, ось к-рой проходит через ось  $C_i$ . Эта парабола называется параболой индуктивного сопротивления. Обозначим  $\frac{2}{\pi \lambda}$  через  $A$ ; тогда

$$C_i = A \cdot C_y^2. \quad (14)$$

$A$  является следовательно параметром па-

раболы И. с. и зависит только от относительного размаха  $\lambda$ . При увеличении  $\lambda$  ветви параболы будут приближаться к оси ординат — парабола будет делаться более раскрытой; при  $\lambda = \infty$ ,  $A = 0$  — парабола обращается в ось ординат.

Так, обр. И. с. зависит от подъемной силы и от относительного размаха: при одной и той же подъемной силе, чем больше относительный размах, тем меньше И. с.; при бесконечном размахе И. с. равно нулю и следовательно все лобовое сопротивление крыла сводится только к профильному сопротивлению. С другой стороны, при одном и том же относительном размахе: при одной и той же подъемной силе, чем больше относительный размах, тем меньше И. с.; при бесконечном размахе И. с. равно нулю и следовательно все лобовое сопротивление крыла сводится только к профильному сопротивлению, т. к. в этом случае И. с. равно нулю.

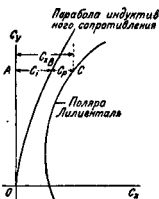
Поляра Лилиентала дает характеристику данного крыла (см. *Аэродинамика*). На каком-либо угле атаки  $\alpha$  отрезок  $AC$ , параллельный оси абсцисс, будет представлять собою лобовое сопротивление данного крыла (фиг. 7).

Для имеющегося у этого крыла относительного размаха  $\lambda$  можно по ф-ле (13) построить параболу И. с.; тогда отрезок  $AB$  будет И. с. этого крыла, соответствующее определенной подъемной силе, а отрезок  $BC$  следовательно будет равен  $C_p$ , т. е. профильному сопротивлению. Таким образом при помощи приведенных формул можно решать основные задачи теории И. с., которые находят большое применение на практике.

Одной из главных задач является нахождение характеристики крыла одного относительного размаха по характеристике крыла другого относительного размаха, или нахождение характеристики биплана или вообще полиплана какого угодно размаха по характеристике моноплана. Т. к. аэродинамич. лаборатории обычно дают характеристику монопланного крыла для относительного размаха, равного 5 или 6, то при аэродинамическом расчете самолета приходится находить характеристику крыла для того относительного размаха, который имеется на рассматриваемом самолете.

Исходя из теории П-образных вихрей в случае биплана или вообще полиплана, можно также найти все поле скоростей. Метод, данный для этого Бетцем, состоит в том, что путем последовательных приближений находят влияние одного крыла на другое при каком угодно расположении и величине крыльев; однако он требует длительных вычислений, и поэтому мы приведем здесь лишь приближенную ф-лу для полипланов, данную проф. Прандтлем. Под коэф-тами сопротивления полиплана мы будем подразумевать коэф-ты суммарного действия планов, получающиеся по правилу смешения, т. е. коэф-ты подъемной силы и лобового сопротивления полиплана будут:

$$C_y = \frac{C_{y1} \cdot S_1 + C_{y2} \cdot S_2 + \dots + C_{yn} \cdot S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}$$



Фиг. 7.

и

$$C_x = \frac{C_{x_1} \cdot S_1 + C_{x_2} \cdot S_2 + \dots + C_{x_n} \cdot S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n},$$

где  $C_{y_1}, C_{y_2}, C_{y_3}, \dots, C_{y_n}$  — коэф-ты подъемной силы каждого из планов полиплана;  $C_{x_1}, C_{x_2}, \dots, C_{x_n}$  — соответственно коэф-ты лобового сопротивления планов, а  $S_1, S_2, \dots, S_n$  — площади каждого плана.

И. с. полиплана, имеющего одинаковой ширины крылья, будет выражаться ф-лой, аналогичной ф-ле (14) моноплана; однако коэф-циент  $A$  будет зависеть не только от относительного размаха плана, но также и от числа планов и их взаимного расположения. Для полипланов приближенное выражение для коэф.  $A$  будет:

$$A = \frac{2S}{\pi l^2 + 4F} \quad (15)$$

где  $l$  — наибольший размах полиплана,  $S$  — несущая площадь всех планов, а  $F$  — заштрихованная площадь, показанная на фиг. 8. Если взять частный случай, когда все планы имеют одинаковый размах  $l$ , одинаковую ширину крыльев  $b$ , а расстояние между планами равно ширине, то общая площадь

$$S = n \cdot b \cdot l,$$

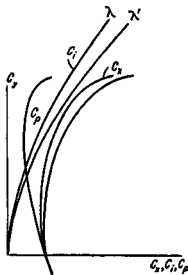
где  $n$  — число планов. В этом случае площадь  $F$  можно выразить след. обр.:  $F = (n-1)b \cdot l$ , и ф-ла (15) получает такой вид:

$$A = \frac{2n}{\pi l + 4(n-1)}$$

В частном случае, при  $n=1$ , она переходит в ф-лу для моноплана, выведенную выше.

Наиболее часто применяемой на практике задачей является переход от крыла с одним относительным размахом к другому. Если мы имеем для данного размаха  $\lambda$  полярю Лилиентала, то можно определить для каждого угла атаки профильное сопротивление, т. е. найти характеристику этого крыла для бесконечного размаха, вычитая из абсцисс кривой Лилиентала абсциссы параболы И. с., построенной для значения  $\lambda$ . Находя параболу И. с. для другого относительного размаха  $\lambda'$  и прикладывая к нему профильное сопротивление, найдем новую полярю для относительного размаха  $\lambda'$ .

Однако от относительного размаха зависит также и снос потока; поэтому при определенных значениях подъемной силы как при бесконечном размахе, так и при новом конечном  $\lambda'$ , углы атаки изменятся за счет различных сносов потока. Вычисление характеристики крыла при переходе от одного размаха к другому можно делать графич. или аналитич. путем. На фиг. 9 показан графич. метод такого вычисления при нахождении самой полярю. Остается определить те углы атаки, соответствующие определенному  $C_y$ ,



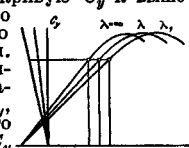
Фиг. 9.

к-рые получатся при переходе от относительного размаха  $\lambda$  к относительному размаху  $\lambda'$ .

Угол сноса потока выражается ф-лой:

$$\Delta \alpha = AC_y \quad (16)$$

Если вычислить  $A$  для значения  $\lambda$ , соответствующего относительному размаху первоначальной характеристики, то можно найти сносы потока, получающиеся при этом крыле. Истинный угол атаки  $\alpha - \Delta \alpha$  равен кажущемуся углу атаки для крыла бесконечного размаха. Если мы имеем значения  $C_y$ , выражаемые кривой по углу атаки  $\alpha$ , то, проведя налево от оси ординат прямую (фиг. 10), выражаемую ур-нем (16), получим, что для каждого  $C_y$  снос потока будет выражаться соответствующей абсциссой этой прямой. Если отнести кривую  $C_y$  к вышеупомянутой прямой, то получим кривую  $C_y$  по истинным углам атаки. Если же отнести эту кривую  $C_y$  к прямой, выражаемой ур-нем  $\Delta \alpha = A' C_y$ , где  $A'$  соответствует  $\lambda'$ , то получим выражение  $C_y$  по углам атаки, соответствующим относительному размаху  $\lambda'$ . По найденной характеристике  $C_y$  по  $\alpha$  для нового относительного размаха  $\lambda'$  можно на полярю Лилиентала нанести и соответствующие каждому значению  $C_y$  углы атаки.



Фиг. 10.

Вместо только что описанных графических операций можно применить также и вычисление. Имея характеристику монопланного крыла определенного размаха  $\lambda$ , будем следовательно иметь соответствующие друг другу величины  $\alpha, C_y$  и  $C_{x\lambda}$ . Вписываем их в первые три столбца таблицы.

Таблица для вычисления характеристики крыла при переходе от одного размаха к другому.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\alpha$	$C_y$	$C_{x\lambda}$	$C_{i\lambda} = A_{\lambda} \cdot C_y$	$C_p = C_{x\lambda} - C_{i\lambda}$	$\Delta \alpha_{\lambda} = A_{\lambda} \cdot C_y$	$\alpha_{\lambda} = \alpha - \Delta \alpha_{\lambda}$	$C_{i\lambda'} = A_{\lambda'} \cdot C_y$	$C_{x\lambda'} = C_{i\lambda'} + C_p$	$\Delta \alpha_{\lambda'} = A_{\lambda'} \cdot C_y$	$\alpha_{\lambda'} = \alpha_{\lambda} + \Delta \alpha_{\lambda'}$

Так как лобовое сопротивление является суммой сопротивлений индуктивного  $C_i$  и профильного  $C_p$ , причем  $C_i$  зависит как от относительного размаха  $\lambda$ , так и от соответствующей комбинации крыльев (моноплан, биплан и т. д.), а  $C_p$  — от индивидуальных свойств профиля, то переход от одного относительного размаха к другому или от одной комбинации крыльев к другой будет заключаться в соответствующем изменении И. с.  $C_i$ , а также и угла атаки  $\alpha$  для каждого  $C_y$ . Т. о. в 4-й столбец вписываются значения  $C_{i\lambda}$  для того относительного размаха или для той комбинации крыльев, для к-рой имеется характеристика.  $C_{i\lambda}$  определяется по ф-ле  $C_{i\lambda} = A_{\lambda} \cdot C_y^2$ . Вычитая из общего сопротивления  $C_{x\lambda}$  И. с.  $C_{i\lambda}$ , получим профильное сопротивление  $C_p$  (5-й столбец). Углы атаки,

соответствующие определенным значениям  $C_y$  и  $C_{ad}$ , будут отличны от значений, данных в 1-м столбце, вследствие скоса потока. Этот скос потока, соответствующий бесконечному размаху, определяется по формуле  $\Delta\alpha_1 = A_1 C_y$  (6-й столбец). Углы атаки, соответствующие бесконечному размаху данного крыла, найдутся, если вычтем из соответствующего значения 1-го столбца значение 6-го столбца (7-й столбец). Таким образом 2-й, 5-й и 7-й столбцы дают характеристику крыла бесконечного размаха.

Для нахождения характеристики крыла другого относительного размаха  $\lambda'$  находим И. с. для относительного размаха  $\lambda'$ , которое определяется по ф-ле:  $C_{i\lambda'} = A_1' \cdot C_y^2$  (столбец 8-й). Прикладывая к соответствующим значениям  $C_{i\lambda'}$ , найденное уже профильное сопротивление  $C_p$  (5-й столбец), найдем значения для лобового сопротивления  $C_{p\lambda'}$ , соответствующие крылу с относительным размахом  $\lambda'$  (9-й столбец). Скосы потока для  $\lambda'$  определяем по формуле  $\Delta\alpha_{\lambda'} = A_1' C_y$  (10-й столбец). В столбец 11-й заносим углы атаки нового крыла с удлинением  $\lambda'$ , которые получаются сложением значений столбцов 7-го и 10-го. Т. о. новую характеристику крыла с относительным размахом  $\lambda'$  будем иметь в столбцах 2-м, 9-м и 11-м. Подобные вычисления проделяются для различных  $\alpha$ ,  $C_y$  и  $C_{ad}$  в диапазоне имеющейся характеристики (обычно через каждые 2°).

Соответствующий анализ показывает, что постоянная по всему размаху скорость скоса, вызванная вихрями, получается в случае распределения циркуляции по размаху по закону полуэллипса. В этом случае И. с. и скос потока выражаются совершенно так же, как и в случае П-образных вихрей, а именно:

$$C_i = \frac{2}{\pi\lambda} \cdot C_y^2 \quad \text{и} \quad \Delta\alpha = \frac{2}{\pi\lambda} \cdot C_y.$$

Т. о. средняя вызванная скоростью П-образных вихрей одинакова с постоянной скоростью при эллиптическом распределении. Такое распределение циркуляции получается при эллиптической в плане форме крыльев одинакового профиля и одинаковых углов установок.

Рассмотренная выше схема П-образных вихрей является схемой искусственной; при рассмотрении сложных крыльев приходится прибегать к более точному методу, ибо эта упрощенная схема дает в таких случаях слишком неточные результаты. Кроме того, если бывает нужно построить распределение давления по крылу, то приходится уже рассматривать влияние каждого вихря на данную точку жидкости.

Ф-ла (5) дает значение вызванной вихрями скорости для любого распределения циркуляции. С другой стороны, в каждом сечении крыла д. б. удовлетворено равенство

$$C_y b = \frac{J}{V}.$$

Зная в каждом сечении крыла его профиль  $C_y$ , ширину крыла  $b$  и следовательно кающийся угол атаки  $\alpha$ , можно найти в каждом сечении скос потока, а также и истинный угол атаки  $\alpha_0 = \alpha - \Delta\alpha$ . Так как в об-

щем случае уравнение (5) не интегрируется в простых функциях, то для нахождения характеристики сложного крыла приходится пользоваться следующим приближенным методом. Задаются распределением циркуляции вдоль размаха крыла и определяют в каждом его сечении скос потока  $\Delta\alpha$ ; далее, зная  $\Delta\alpha$  и угол атаки  $\alpha$ , можно найти и  $\alpha - \Delta\alpha$ . Затем определяют новую кривую распределения циркуляции по формуле  $J = C_{y_0} bV$ , где  $C_{y_0}$  — коэф. подъемной силы профиля данного сечения для бесконечного размаха, соответствующий углу атаки  $\alpha - \Delta\alpha$ . Если новая вычисленная кривая не совпадает с той, которую задавали вначале, то следует вновь повторить те же вычисления, но задавшись другой кривой распределения циркуляции, промежуточной между вычисленной и ранее заданной. Все эти вычисления чрезвычайно кропотливы и требуют много времени; значительное сокращение дает графический метод, описанный в «Трудах ЦАГИ», 1929 г., вып. 42.

Можно пользоваться также и другим аналитическим методом — Трефия, представляющим то удобство, что он сразу дает выражение для распределения циркуляции, причем устраняется надобность в последовательных приближениях. Сущность этого метода заключается в том, что линия разрыва скоростей, являющаяся также границей вихревой области на крыле, преобразуется соответствующими подстановками в круг, а функция потенциала скоростей разлагается в тригонометрич. ряд и д. б. удовлетворена в нескольких точках крыла по его размаху, — это приводит к решению совместных ур-ий для определения коэффициента этого ряда. Коэф-ты подъемной силы и И. с. будут, согласно этой теории, выражаться след. образом:

$$\left. \begin{aligned} C_y &= \frac{\pi}{2\pi V} \cdot A_1 \\ C_i &= N \cdot \frac{2}{\pi\lambda} \cdot C_y^2 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Здесь  $N = \frac{A_1^2 + 3A_3^2 + 5A_5^2 + 7A_7^2 + \dots}{A_1^2}$ ;  $A_1, A_2, A_3, \dots$

коэф-ты тригонометрического ряда разложения потенциальной ф-ции:

$$\varphi = \frac{A_1 \sin \theta}{r} + \frac{A_3 \sin 3\theta}{r^3} + \frac{A_5 \sin 5\theta}{r^5} + \frac{A_7 \sin 7\theta}{r^7} + \dots$$

Это ур-ие после соответствующих подстановок и преобразований можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} I_0 \sin \theta &= A_1 \sin \theta (\mu + \sin \theta) + \\ &+ A_3 \sin 3\theta (3\mu + \sin \theta) + \\ &+ A_5 \sin 5\theta (5\mu + \sin \theta) + \\ &+ A_7 \sin 7\theta (7\mu + \sin \theta) + \dots \end{aligned} \quad (18)$$

Здесь  $I_0 = \frac{1}{2} C_{y_0} bV$ , т. е. половине циркуляции, которая получилась бы, если бы каждый элемент рассматриваемого крыла работал так же, как он работал бы при этом же угле установки в плоскопараллельном потоке (т. е. при бесконечном размахе).  $C_{y_0}$  — коэф. подъемной силы профиля с бесконечным размахом,  $\theta$  — угол между радиусом и осью абсцис, определяющий положение каемого-либо сечения крыла (фиг. 11),  $\mu = \frac{tg \beta_0 \cdot b}{2l}$ , где  $\beta_0$  — угол наклона кривой

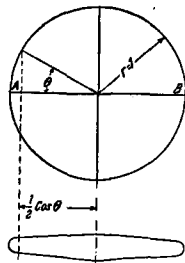
$C_{y_0}$  к оси углов атаки для крыла бесконечного размаха.

Мы уже видели, что И. с. эллиптического крыла выражается след. обр.:

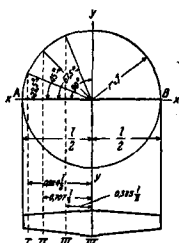
$$C_i = \frac{2}{\pi \lambda} C_{y_0}^2,$$

следовательно коэф.  $N$  представляет собою увеличение И. с. над значением его, получающимся при эллиптическом распределении циркуляции.

Оказывается, что для целей практики совершенно достаточно бывает брать для определения коэффициентов  $A_1, A_2, A_3$  только четыре члена тригонометрического ряда и удовлетворять этому ряду только в четырех точках; тогда мы будем иметь четыре уравнения с четырьмя неизвестными. Для удобства вычислений можно брать сечения полукрыла, соответствующие значениям  $\theta$ ,



Фиг. 11.



Фиг. 12.

равным  $22,5^\circ, 45^\circ, 67,5^\circ$  и  $90^\circ$ , отстоящим от середины крыла на расстояниях соответственно равном  $0,924 \frac{c}{2}; 0,707 \frac{c}{2}; 0,383 \frac{c}{2}$  и 0 (фиг. 12). В этом случае система уравнений будет иметь следующий вид:

$$\text{I. } 0,383(\mu_1 + 0,383)A_1 + 0,924(3\mu_1 + 0,383)A_2 + 0,924(5\mu_1 + 0,383)A_3 + 0,383(7\mu_1 + 0,383)A_4 = 0,383(J_{01});$$

$$\text{II. } 0,707(\mu_2 + 0,707)A_1 + 0,707(3\mu_2 + 0,707)A_2 - 0,707(5\mu_2 + 0,707)A_3 - 0,707(7\mu_2 + 0,707)A_4 = 0,707(J_{02});$$

$$\text{III. } 0,924(\mu_3 + 0,924)A_1 - 0,383(3\mu_3 + 0,924)A_2 - 0,383(5\mu_3 + 0,924)A_3 + 0,924(7\mu_3 + 0,924)A_4 = 0,924(J_{03});$$

$$\text{IV. } (\mu_4 + 1)A_1 - (3\mu_4 + 1)A_2 + (5\mu_4 + 1)A_3 - (7\mu_4 + 1)A_4 = (J_{04}).$$

Т. о. для определения И. с. какого угодно крыла необходимо иметь характеристику профилей в рассматриваемых сечениях при бесконечном размахе. Характеристики для конечного размаха определяются опытным путем. Выше был уже изложен приближенный метод пересчета с конечного размаха на бесконечный. Этот метод однако, являющийся точным для эллиптика, крыла, не дает возможности более точно подсчитать характеристику бесконечного размаха для крыльев других форм. В аэродинамич. лабораториях обычно испытывают крылья прямоугольные, поэтому в первую очередь необходимо уметь пересчитывать на бесконечный размах характеристики этих крыльев. Подставляя в формулу (17) значение площади

крыльев  $S = lb$ , а также принимая во внимание уравнение (18), получим:

$$C_y = \frac{\pi A_1}{2bV}; \quad C_{y_0} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{A_1}{J_0}. \quad (19)$$

Кроме того коэф.  $N$  зависит от величины  $\mu$ , так как в уравнениях I, II, III и IV коэффициенты  $A_1, A_2, A_3$  и  $A_4$  определяются через  $\mu$ .

На фиг. 13 даны величины  $\frac{C_y}{C_{y_0}}$  и  $N$  в зависи-

мости от  $\frac{\lambda}{1g\beta_0}$ . По этим графикам, если известна характеристика профиля для бесконечного размаха, можно найти также характеристику прямоугольного крыла. Для решения обратной задачи на тех же графиках нанесен другой масштаб — для  $\frac{\lambda}{1g\beta}$  (здесь  $\beta$  — угол наклона к оси абсцисс характеристики данного профиля прямоугольного крыла). Таким же образом можно вывести поправочные коэффициенты для каких угодно крыльев. Можно однако приближенно для некоторых форм крыльев пользоваться следующими формулами.

Трапециoidalное крыло (фиг. 14): для отношений  $\frac{b}{\beta_0}$ , равных от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{2}{3}$ ,

$$\Delta a = \frac{2}{\pi \lambda} C_y,$$

$$C_i = \frac{2}{\pi \lambda} C_{y_0}^2.$$

Крыло с закруглен. концами (фиг. 15):

$$\Delta a = \frac{0,730}{\lambda} C_y,$$

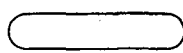
$$C_i = \frac{2}{\pi \lambda} C_{y_0}^2.$$

Все вычисления по этим ф-лам производятся указанным выше способом, только при нахождении И. с. и скоса потока следует подставить вместо величины  $A$  ее новое соответствующее значение.

Как уже было указано, по теории Трефца распределение циркуляции по размаху



Фиг. 14.



Фиг. 15.

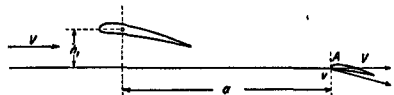
можно представить в виде определенной кривой. Эта кривая выражается следующим уравнением:

$$J = 2(A_1 \sin \theta + A_2 \sin 3\theta + A_3 \sin 5\theta + A_4 \sin 7\theta). \quad (20)$$

Когда коэффициенты  $A_1, A_2, A_3$  и  $A_4$  определены для соответствующих  $\theta$  вышеуказанным способом, то можно построить и эту кривую.

При наличии подъемной силы крыло отклоняет набегающий на него поток на некоторый угол, а следовательно и задняя часть крыла будет также скошена на определенный угол (фиг. 16). Этот снос потока за крылом вызывается как вихревой пеллоидой, так и присоединенными вихрями. Так как стабилизатор обычно располагается

свади крыла, то он будет работать в потоке, уже возмущенном крылом, и угол атаки стабилизатора невозможно уже будет определять как угол между хордой стабилизатора и направлением движения всего самолета. В расчете устойчивости, когда приходится определять восстанавливающие моменты стабилизатора и следовательно находить подъемную силу стабилизатора, необходимо учитывать снос потока от крыльев.



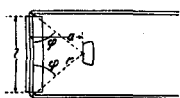
Фиг. 16.

Теория И. с. дает возможность найти этот снос. Кроме того в самолетах типа тендем влияние переднего крыла на заднее выражается в изменении подъемной силы и лобового сопротивления за счет изменения углов атаки от снос потока.

При П-образной схеме вихрей формула для снос потока может быть выведена на основании выражения (2). Если предположить, что один конец шнура уходит в бесконечность и следовательно  $\cos \varphi_2 = 1$ , а другой лежит на расстоянии  $s$  от точки В (фиг. 2), то в нашем случае выражение для вертикальной вызванной скорости примет вид:

$$v = \frac{J}{4\pi x} \left( 1 - \frac{c}{\sqrt{x^2 + c^2}} \right). \quad (21)$$

Вертикальная скорость за крылом будет вызвана двумя концевыми вихрями и присоединенным вихрем (фиг. 17).



Фиг. 17.

На основании принципа независимости можно принять, что общая вызванная скорость складывается из скорости, вызванной присоединенным вихрем, и удвоенной скорости, вызванной одним концевым вихрем.

На основании ф-лы (21) скорость, вызванная двумя концевыми вихрями:

$$2v_2 = 2 \frac{J}{4\pi} \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + h_1^2} \left[ 1 + \frac{a}{\sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + h_2^2 + a^2}} \right],$$

а на основании ф-лы (2), скорость, вызванная присоединенным вихрем:

$$v_1 = \frac{J}{2\pi} \frac{\frac{l}{2}}{\sqrt{h_1^2 + a^2} \cdot \sqrt{h_2^2 + a^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}};$$

следовательно общая вертикальная скорость за крылом

$$v = \frac{J}{2\pi} \left[ \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + h_1^2}} + \frac{a}{\sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + h_2^2} \cdot \sqrt{h_1^2 + a^2}} + \frac{\frac{l}{2}}{\sqrt{h_1^2 + a^2} \cdot \sqrt{h_2^2 + a^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}} \right]. \quad (22)$$

Эту ф-лу можно упростить, принимая, что возвышение крыла над стабилизатором равно нулю ( $h_2 = 0$ ), что обычно и осуществляется

ся на практике. В таком случае будем иметь:

$$v = \frac{J}{\pi l} \left[ 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{l}{2a}\right)^2} \right] \quad (23)$$

или для снос потока, выраженного в градусах:

$$\Delta\alpha^\circ = 57,3 \frac{C_y}{\pi l} \left[ 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{l}{2a}\right)^2} \right]. \quad (24)$$

При эллиптич. распределении циркуляции по размаху, ф-ла для снос потока за крылом будет иметь следующий вид:

$$\Delta\alpha^\circ = 57,3 \frac{\lambda}{\pi l} C_y \left[ 1 + \left(\frac{l}{4a}\right)^2 \right]. \quad (25)$$

Обе приведенные ф-лы дают довольно значительно различие между собой результаты и не вполне согласуются с опытными данными для наиболее ходовых типов крыльев. Поэтому имеются попытки составления полумпирических, согласующихся с опытом формул. Одна из таких формул имеет следующий вид:

$$\Delta\alpha^\circ = 57,3 \frac{2,9}{\pi l} C_y \left[ 1 + \left(\frac{l}{a}\right)^2 \right] \quad (26)$$

и в пределах практич. применений хорошо согласуется с данными опытов, произведенных с моделями монопланых крыльев.

Для биплана можно принять ту же ф-лу (26); только в этом случае  $\lambda$  будет удлинением эквивалентного моноплана, к-рое можно подсчитывать по приближенной ф-ле (15):

$$\lambda = \frac{\pi^2 + 4F}{\pi S}.$$

Все приведенные ф-лы не учитывают влияния струи винта, которая может произвести также некоторый снос потока. Этот снос потока от винта с достаточной степенью точности можно определить по формуле

$$\delta = \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2B}{0,6}}} \right) (\alpha - \beta) + \frac{\Delta\alpha}{\sqrt{1 + 2B}}, \quad (27)$$

где  $\alpha$ —угол атаки крыльев,  $\beta$ —угол наклона оси винта к хорде крыла и  $B$ —коэффициент нагрузки на ометаемую винтом площадь (см. *Воздушный винт*).

Лит.: Ю р в е в Б. Н., Индуктивное сопротивление крыльев аэроплана, «Труды ЦАГИ», 1926, вып. 20; его же, Определение аэродинамических свойств крыльев произвольного очертания в плане, «ВВФ», 1923, 2; С ат р е в и ч А., Аэродинамика как теоретическая основа авиации, П., 1923; Ч е с а л о в А. В. О построении полных и неполных монопланного крыла произвольной формы, «Техника воздушного флота», М., 1927, 6; «Материалы по аэродинамическому расчету самолетов», Сборник статей под ред. В. Александрова, «Труды ЦАГИ», 1929, вып. 42; К о з л о в С. Г., Аэродинамич. расчет бипланной коробки, «Техника воздушного флота», М., 1927, 3; F r a n d t L., Application of Modern Hydrodynamics to Aeroplanes, «Reports of the Nat. Advisory Comm. for Aeronautics», Wash., 1921, 118; F r a n d t L. u. B e t z A., Vier Abhandlungen z. Hydrodynamik u. Aerodynamik (Tragflügeltheorie, 1. u. 2. Mitteilungen), Göttingen, 1927; B a d e r H. G., Flugzeugbaukunde, В., 1924; B a d e r H. G., Grundlagen d. Flugtechnik, В., 1920; G l a u e r t H., A Method of Calculating the Characteristics of the Tapered Wing, «Aeron. Research Committee, Reports a. Memoranda», London, 1922, 824; F l o r i n e N., Trainée induite des ailes d'avion, «Bulletin du Laboratoire aérotechnique de Belgique», Bruxelles, 1922; F u c h s H. u. H o p f L., Aerodynamik, Berlin, 1922; M u n k M., General Biplan Theory, «Reports of the Nat. Advisory Comm. for Aeronautics», Wash., 1921, 81; S i m m o n s L., Note on the Applications of the Vortex Theory of Aerofoil to the Prediction of Downwash, «Aeron. Research Committee, Reports a. Memoranda», L., 1924, 914; S i m m o n s L. a. O w n e r E. A., An Investigation of Downwash in the Slipstream, ibid., London, 1924, 382

**ИНДУКТИВНОСТЬ**, физич. величина, являющаяся мерой электромагнитной инерции данной системы. Рассмотрим два контура 1 и 2, по которым пройдут соответственно токи силой  $I_1$  и  $I_2$ . Тогда энергия магнитного поля  $W_m$ , создаваемого этими контурами,

$$W_m = \frac{1}{2} L_1 I_1^2 + M I_1 I_2 + \frac{1}{2} L_2 I_2^2.$$

Коэф-ты  $L_1$ ,  $L_2$  называются индуктивностями, или коэффициентами самими индукции, контуров 1 и 2. Коэф.  $M$  называется взаимной индуктивностью этих двух контуров, или их коэффициентом взаимной индукции. Отсюда энергетическое определение И. контура 1: И.  $L_1$  равняется удвоенной магнитной энергии, создаваемой контуром 1 при прохождении через него тока силой в 1 А. При отсутствии железа ( $\mu = \text{Const}$ ) энергетич. определение И. тождественны два других. 1) Динамическое определение: И. контура равняется электрич. напряжению  $e_{\text{с.}}$ , индуцируемому в контуре (эдс самоиндукции), деленному на скорость уменьшения силы тока в контуре:

$$L_{\text{д.}} = -\frac{e_{\text{с.}}}{\frac{di}{dt}}.$$

2) Статическое определение: индуктивностью контура равняется магнитному потоку  $\Phi$ , окружающему этот контур, деленному на силу тока  $i$  в контуре:

$$L_{\text{ст.}} = \frac{\Phi}{i}.$$

Аналогичные определения можно дать и для взаимной И. При наличии железа  $\mu$  не остается постоянным, и различные определения И. не являются эквивалентными.

Знание индуктивности чрезвычайно важно для расчета линий передачи, электромагнитов, колебательных контуров, сложных антенн и т. д. Существует весьма большое число ф-л и таблиц, дающих возможность определять И. системы. Общей основой для расчета индуктивности может служить формула, дающая магнитную энергию контура

$$W_m = \frac{\mu}{2} \int_{\tau} d\tau' \int_{\tau} \frac{d\tau}{R} ii'. \quad (1)$$

Здесь  $\tau$ —объем, занимаемый данным контуром,  $d\tau$ ,  $d\tau'$ —элементы объема в этом контуре,  $R$ —расстояние между ними,  $i$ ,  $i'$ —значения векторов плотности тока соответственно

в местах, занимаемых элементами объема  $d\tau$  и  $d\tau'$ , и  $\mu$ —проницаемость. Интеграция производится дважды по всему объему  $\tau$ . Если плотность тока распределена равномерно по контуру, то формула упрощается и принимает следующий вид:

$$W_m = i^2 \frac{\mu}{2} \int_{\tau} d\tau' \int_{\tau} \frac{d\tau \cos(\theta, \theta')}{R}. \quad (1a)$$

Приведем данные для индуктивности  $L$  некоторых контуров.

1) Тонкая катушка, имеющая  $N$  витков, высоту  $l$ , диаметр  $D$ , толщину  $s < l$  ( $\mu=1$ ).

Длинные катушки			Короткие катушки		
$\frac{D}{l}$	$\frac{L}{DN^2}$	$\frac{L}{lN^2}$	$\frac{l}{D}$	$\frac{L}{DN^2}$	$\frac{L}{lN^2}$
0.0	0.000	0.0000	1.0	6,785	6,785
0.1	0,946	0,0946	0,9	7,239	8,103
0.2	1,816	0,3633	0,8	7,872	9,810
0.3	2,617	0,7861	0,7	8,564	12,220
0.4	3,355	1,3421	0,6	9,371	15,618
0.5	4,038	2,0188	0,5	10,872	20,746
0.6	4,670	2,8018	0,4	11,843	29,107
0.7	5,257	3,690	0,3	13,333	44,44
0.8	5,804	4,643	0,2	15,785	79,91
0.9	6,315	5,684	0,1	20,687	200,67
1,0	6,785	6,785	0,0	$\infty$	$\infty$

2) Плоская катушка, имеющая  $N$  витков, внешний диаметр  $D$ , внутренний— $d$ , высоту  $h \ll \frac{1}{2}(D+d)$ .

$\frac{d}{D}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\frac{L}{DN^2}$	3,485	4,278	5,256	6,429	7,823	9,487
$\frac{d}{D}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
$\frac{L}{DN^2}$	11,507	14,044	17,458	22,871	$\infty$	

3) Круглое кольцо. Число витков  $N$  (фиг.).

$$L = N^2 \pi^2 D \left\{ \ln \frac{8D}{d} \left[ 1 + 0,11 \left( \frac{d}{D} \right)^2 \right] - 1,75 - 0,0095 \left( \frac{d}{D} \right)^2 \right\}.$$

4) Петля из прямого и обратного цилиндрических проводов на расстоянии  $d$  друг от друга. Диаметр проводов  $r$ .

$$L = 0,921 \lg \left( \frac{d}{r} \right) + 0,1 \text{ мН/км.}$$

5) Две параллельные полосы прямоугольного сечения  $b \times h$ , расстояния между внутренними поверхностями  $k$ -рых равно  $d(d_1|b)$ .

$$L = l \left[ 2 \left( 2 + \frac{d}{b} \right)^2 \ln(h + 2b + d) - 4 \left( 1 + \frac{d}{b} \right)^2 \cdot \ln(h + b + d) + 2 \left( \frac{d}{b} \right)^2 \ln(h + d) - 4 \ln(h + b) \right].$$

Если  $d \geq 0$ , то

$$L = 8l \cdot \ln \left( 1 + \frac{b}{h+b} \right).$$

Если кроме того  $b \ll h$ , то

$$L \approx \frac{8lb}{h+b}.$$

В случае линейного контура, образуемого проводом, поперечные размеры которого незначительны по сравнению с длиной, формула (1a) упрощается и принимает вид:

$$L = \int_{K} \int_{K} \frac{d\mathbf{r} \cdot d\mathbf{r}'}{R} = \int_{K} \int_{K} \frac{\cos \varepsilon \cdot ds \cdot ds'}{R},$$

где  $d\mathbf{r}$ ,  $d\mathbf{r}'$ —элементы данного контура  $K$ ,  $R$ —их расстояние,  $\varepsilon$ —угол между  $d\mathbf{r}$  и  $d\mathbf{r}'$ . Интеграция выполняется дважды по всему контуру  $K$ .

6) Для окружности радиуса  $a$  при цилиндрическом проводе с диаметром  $2r$

$$L = 4\pi a \left[ \left( 1 + \frac{r^2}{8a^2} \right) \ln \frac{8a}{2r} + \frac{r^2}{8a^2} - 1,75 \right] \cdot 10^{-9} \text{ Н.}$$

7) Для квадрате, сторона которого  $a$ ,

$$L = 8a \left( \ln \frac{a}{r} + \frac{r}{a} - 0,774 + \mu\delta \right) \cdot 10^{-9} \text{ Н,}$$

где  $\delta = 0,25$  при постоянном токе.

$$L = 2 \left\{ a \ln \frac{2a}{r} + b \ln \frac{2b}{r} + c \ln \frac{2c}{r} - (a+b+c) - (b+c) \operatorname{Arsh} S_a - (c+a) \operatorname{Arsh} S_b - (a+b) \operatorname{Arsh} S_c \right\} \cdot 10^{-9} \text{ H,}$$

где

$$S_a = \frac{c^2 + b^2 - a^2}{V}, S_b = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{V}, S_c = \frac{b^2 + a^2 - c^2}{V}, V^2 = 2(a^2c^2 + a^2b^2 + b^2c^2) - a^4 - b^4 - c^4.$$

Для более сложных многоугольных контуров можно пользоваться упрощенным методом Баженова, сводящим И. мн-ков, обладающих тем же периметром  $l$  и той же площадью  $S$ , к простому выражению:

$$L = 2l \left( \ln \frac{2S}{rl} + \mu\delta - \varphi \right) \cdot 10^{-9} \text{ H,}$$

где при постоянн. токе  $\delta = 1/4$ , а  $\varphi$  определяется как ф-ия  $\frac{1}{\sqrt{S}}$  (см. *Замкнутая антенна*).

При переменном токе приведенные формулы несколько изменяются, потому что плотность тока не распределяется больше равномерно по сечению провода, а вытесняется к его поверхности (см. *Скин-эффект*). Магнитная энергия, связанная с контуром, м. б. в этом случае разбита на две части: магнитная энергия внутри провода и магнитная энергия вне провода, причем перераспределение плотности тока внутри провода не влияет на внешнюю магнитную энергию. Т. о. можно и И. разбить на внешнюю И., не зависящую от частоты, и внутреннюю И., убывающую с увеличением частоты, проникаемости и сечения провода и возрастающую при увеличении удельного сопротивления провода. Внутренняя И. провода, имеющего длину  $l$  см, м. б. выражена ф-лой

$$L_i = 2\mu\delta l \cdot 10^{-9} \text{ H,}$$

где  $\delta = 0,25$  при постоянном токе, а при переменном — определяется уже по специальным таблицам. Обычно внутренняя И. провода незначительна по сравнению с И. контура, однако для железных проводов благодаря большому значению проникаемости приходится считаться с этой И. (см. *Провода железные*).

Взаимная И. двух линейных контуров  $K$  и  $K'$  определяется по ф-ле

$$M = \mu \int \frac{ds}{K} \int \frac{\cos \varepsilon ds'}{K'} \cdot 10^{-9} \text{ H,}$$

где  $ds, ds'$  — элементы длины контуров,  $\varepsilon$  — угол между ними,  $R$  — их расстояние. Так, два параллельных провода на расстоянии  $d$  друг от друга и при длине  $l$  имеют взаимную индуктивность

$$M = 2l \left[ \ln \frac{l + \sqrt{l^2 + d^2}}{d} - \frac{\sqrt{l^2 + d^2}}{l} + \frac{d}{l} \right] \cdot 10^{-9} \text{ H.}$$

При  $l \gg d$  эта ф-ла упрощается:

$$M = 2l \left[ \ln \frac{2l}{d} - 1 + \frac{d}{l} \right] \cdot 10^{-9} \text{ H.}$$

Взаимная И. двух параллельных, конаксиальных колец с круглым сечением, расположенных на расстоянии  $x$  друг от друга, определяется по ф-ле

$$M = 4\pi\mu\sqrt{Aa} \cdot 10^{-9} \text{ H,}$$

где  $A$  и  $a$  — радиусы колец,  $y = \left(k - \frac{2}{k}\right)K + \frac{2}{k}E$ ,

$$k^2 = \frac{4Aa}{(A+a)^2 - x^2}, K = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}},$$

$$E = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi.$$

Значение эллиптич. интегралов  $K, E$  определяются по особым таблицам.

Лит.: Баженов В. И., «ТЭТЭИ», 1927, стр. 347; «Elektr. Nachrichtentechnik», В., 1929, p. 22; Ahrhaardt M., «Theorie d. Elektrizität», В. 1, 7 Aufl., В.-Lpz., 1923; Emden F., «Die Elektrische Maschine», Pötzl, 1912, p. 221; Essau A., «Jahrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», В., 1911, В. 4, p. 212; Spielrein J., «Archiv für Elektrotechnik», В., 1915, В. 6, p. 187; Breisig F., «Theoret. Telegraphie, Telegraphen- u. Fernsprechtechnik in Einzeldarstellung», Hreg. v. Th. Karass, В. 7, 2 Aufl., Brschw., 1924; O'Leary E., «Kapazität u. Induktivität, ihre Begriffsbestimmung, Berechnung u. Messung», Brschw., 1909; «Scient. Papers of the Bureau of Standards», Wash., 468; Cohen L., «Formulae a. Tables for the Calculation of Alternating Current Problems», N. Y., 1913; Noltge W. H., «The Calculation a. Measurement of Inductance a. Capacity», L., 1916; Rosa E. B. a. G. r. o. v. T. W., «Formulae a. Tables for the Calculation of Mutual a. Self-Induction», Bureau of Standards, Bull., Wash., 1912. Я. Шильманский.

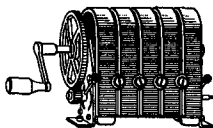
**ИНДУКТОР**, генератор переменного тока, применяемый в телефонии для послышки вызова. Общий вид пятимагнитного индуктора представлен на фиг. 1; схема устройства И. показана на фиг. 2. Магнитное поле создается несколькими постоянными магнитами подковообразной формы. Якорь имеет двутавровое сечение и ось его укреплена на обыкновенных подшипниках. Полюсные наконечники выгнуты по форме якоря и обеспечивают зазор ок. 0,2 мм. Обмотка якоря обычно имеет большое число витков; один конец ее соединяется с корпусом, а другой — с контактной пружиной. Для получения необходимой скорости вращения якоря при-

Характеристика наиболее распространенных типов индуктора.

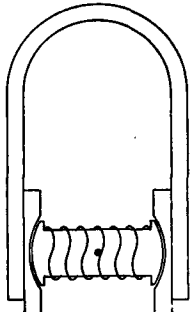
Магниты	Число	2	2	4	5	
	Высота в мм . . . . .	80	140	140	144	
Якорь	Длина в мм . . . . .	48	51	89	100	
	Диам. в мм . . . . .	38	48	44	47,5	
	Число витков . . . . .	5 600	3 680	3 300	2 100	
	Диам. проволоки . . . . .	0,17	0,10	0,22	0,2/	
	Сопротивл. обмотки . . . . .	365	570	200	110	
Зубчатая передача . . . . .		1: 6,21	1: 4,8	1: 7	1: 5,5	
Сила тона в мА при з. обк. ручн. и при нагрузке:		5 002 1 0002 1 5002	56 47 40	62 48 39	110 88 72	90 62 45
Напряжение в В . . . . .		50	50	75	50	
При нагрузке в 2 . . . . .		1 500	1 000	1 300	300	
Вес в кг . . . . .		1,2	2,0	3,87	5,2	
Примечание. Напряжение холостого хода И. около 120—150 В.						

меняется зубчатая передача, причем маленькая шестерня насажена на ось, большая укреплена на стойке. В таблице даны величины, характеризующие наиболее распространенные типы индуктора.

Указанные выше И. ручного типа применяются в аппаратах местной батареи и в коммутаторах станций небольших емкостей.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

На станциях с большой нагрузкой применяются машинные И., т. е. приводимые в движение электромотором. Форма кривой тока индуктора не чисто синусоидальная. **М. Максвелл.**

**ИНДУКЦИОННЫЙ ЗАКОН**, открытый Фарадеем (1832 г.), обычно формулируется след. обр.: «при изменении потока магнитной индукции, проходящего через замкнутый электрический контур, в этом контуре возникает индуктированная электродвижущая сила, пропорциональная числу магнитных силовых линий, пересекающих за единицу времени данный контур». Число  $N$  силовых линий, или, вернее, «силовых трубок», определяют т. о., чтобы их плотность, т. е. количество трубок, приходящееся на единицу площади поперечного сечения, численно равнялось магнитной индукции  $B$ , выражаемой в гауссах. При таких условиях И. з. выражается математической ф-лой

$$\Sigma Ri = - \frac{dN}{dt}, \quad (1)$$

где  $\Sigma Ri$  — сумма падений напряжения во всех частях замкнутого контура. По закону Кирхгофа, эта сумма при отсутствии эдс должна равняться нулю; поэтому выражение  $-\frac{dN}{dt}$  называют эдс индукции. Эта эдс направлена всегда т. о., чтобы противодействовать причине, создающей индуктированный ток (закон Ленца). Картина силовых трубок, пересекающих проводник, помогает быстро ориентироваться в распределении индуктированных токов, однако в сложных случаях эта картина может вместо облегчения способствовать затемнению вопроса. И действительно большое число изобретателей под влиянием этого представления тратят много времени для создания невозможных усовершенствований, главн. обр. в области у н и п о л я р н ы х м а ш и н (см. *Динамомашину*). В настоящее время более целесообразно иначе подходить к истолкованию явлений индукции. Мы будем различать два случая: 1) когда все тела неподвижны относительно наблюдателя и 2) когда они перемещаются.

Неподвижные тела. Закон Кирхгофа применим только в случае стационар-

ного поля, когда отсутствуют вихри вектора напряженности электрич. поля. В этом случае все электрич. силовые линии, к-рые можно нарисовать в поле, имеют начало и конец. Электрич. поле создается зарядами или эдс аккумуляторов, термоэлементов и т. п. Закон Кирхгофа оказывается неприменимым при нестационарном поле. Если магнитный поток изменяется по времени, то это явление всегда связано с наличием вихревого электрического поля. Электрич. силовые линии, изображающие это поле, не имеют ни начала ни конца. Т. о. линейный интеграл вектора напряженности электрич. поля, или, что то же самое, электрич. напряжение вдоль замкнутой линии, охватывающей пульсирующий поток, не равно нулю. Скорость уменьшения магнитного потока называется магнитным спадом  $-\frac{d\Phi}{dt}$  (поток считается положительным в направлении, связанном по правилу штыпора с положительным направлением, выбранным вдоль замкнутой линии, охватывающей поток). Поэтому И. з. в неподвижных относительно наблюдателя телах можно формулировать след. обр.: электрическое напряжение  $U$  по замкнутому контуру, охватывающему магнитный поток, равняется магнитному спадку. В знаках:

$$U = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

или

$$\oint_L E dr = - \frac{d}{dt} \int_S B ds. \quad (3)$$

Так как, по теореме Стокса,

$$\oint_L E dr = \int_S \text{rot } E ds,$$

то ф-лу (3) можно выразить в дифференциальной форме в виде ур-ия

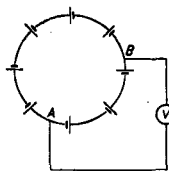
$$\text{rot } E = - \frac{dB}{dt}. \quad (4)$$

Это — одно из ур-ий Максвелла. Электрич. поле связано с пульсирующим магнитным потоком независимо от наличия проводников в поле. Если насадить на стержень трансформатора кольцевую вакуумную трубку, то движение электронов, находящихся в этой трубке, будет ускоряться в вихревом электрич. поле, окружающем трансформатор. Если заменить вакуумную трубку обыкновенным медным витком, то этот медный виток будет играть роль зонда, позволяющего обнаружить наличие электрич. поля, существовавшего вокруг трансформатора и до помещения витка. Напряжение обхода в этом витке отлично от нуля не потому, что в нем возникает эдс, а потому, что поле переменного тока, существующее в трансформаторе, не статическое, в нем нет потенциала, и напряжение обхода по замкнутому витку равно магнитному спаду. Формально магнитный спад играет роль эдс. Когда говорят об индуктированной эдс, то этим хотят для удобства нестатическое электрическое поле формально рассматривать как статическое. Правильнее говорить об индуктированном напряжении,

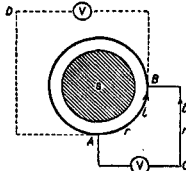


а не об эдс, ибо на самом деле в цепях переменного тока обыкновенно не бывает эдс. За последнее время, в особенности в германской литературе, часто встречается выражение «индуктированное напряжение» вместо «индуцированная эдс».

Это утверждение можно пояснить следующим примером. При замыкании на себя ряда последовательно включенных гальванич. элементов через равномерно распределенные сопротивления, напряжение между двумя любыми точками образованной т. о. цепи не превышает напряжения одного элемента.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Чтобы в этом убедиться, достаточно присоединить вольтметр к двум точкам  $A$  и  $B$  рассматриваемой цепи (фиг. 1). Электрич. поле, окружающее элементы, определяется силовыми линиями, идущими от положительных полюсов к соседним отрицательным. Во многих учебниках такое расположение в последовательно включенных элементах приводится для объяснения явления индукции. Если напр. вокруг стержня трансформатора поместить замкнутый виток, то в этом витке появляется электрич. ток. Этот виток охватывает магнитный поток, пульсирующий через сечение  $S$  стержня трансформатора. Эдс, возникающая в витке, представляют себе равномерно распределенной по всему витку. Получается как бы последовательное соединение бесконечно большого числа бесконечно малых эдс. Эдс, возникающая в отрезке  $AB$  витка, в точности компенсируется падением напряжения в этом отрезке. Т. о. «разность потенциалов» между любыми точками  $A$ ,  $B$  нашего витка должна равняться нулю. На самом деле однако вольтметр, присоединенный к точкам  $A$ ,  $B$ , покажет другое напряжение, чем вольтметр, включенный в контур  $ACB$  (фиг. 2), покажет другое напряжение, чем вольтметр, включенный в контур  $ADB$ . Рассмотрим контур  $ABCA$ . Предположим, что ток  $i$  достаточно мал и что мы поэтому можем пренебречь потоком рассеяния, проходящим через поверхность, окаймленную контуром  $ABCA$ . Тогда, по закону Кирхгофа,

$$ir - i'r' = 0, \text{ или } i'r' = ir.$$

Если бы в отрезке  $AB$  имела эдс  $E_{AB} = ir$ , то мы имели бы  $i = 0$ , т. е. вольтметр не показывал бы напряжения.

Следует упомянуть, что В. Ф. Миткевич придерживается другой точки зрения, сильно распространенной среди ленинградских инженеров-электриков, и считает, что явления индукции создаются реально существующими магнитными кольцами (см. лит.).

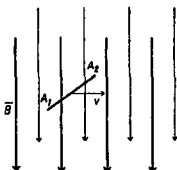
Движение тел в постоянном магнитном поле следует рассматривать не так, что тела эти «пересекают» магнитные силовые линии или трубки. Нетрудно доказать, что самое существование таких трубок противоречит уриям Максвелла. Т. о. каждое магнитное поле создается электрич. токами (движением электронов или токами смещения), то всегда можно определить движение данного тела относительно этих токов. Рассмотрим движение электрона со скоростью  $v$  в поле магнитной индукции  $H$ . Обозначим через  $-e$  заряд электрона. Тогда во время движения на него будет действовать сила, равная векторному произведению  $-e[vH]$ . Если в постоянном магнитном поле движется материальное тело, напр. медный стержень  $A_1A_2$ , то на каждый его электрон или протон будет действовать соответствующая сила, зависящая от скорости движения данной частицы. Эта скорость является суммой двух скоростей: скорости  $v$  переносного движения стержня, общей для всех его точек, и скорости  $v_1$ , различной для каждой частицы. При статистическом (макроскопическом) рассмотрении явления скорость  $v_1$  может быть оставлена без внимания, потому что в сумме для всех частиц, беспорядочно движущихся в стержне, скорости  $v_1$  не дают видимого изменения тела. Поэтому можно рассматривать явление т. о., как если бы благодаря движению стержня на все его электроны и протоны действовало электрическое поле с напряженностью  $[vB]$  (сила, действующая на единицу положительного заряда). На фиг. 3 скорость  $v \perp B$ ; поэтому электрич. поле будет иметь напряженность  $vB$  и будет толкать протоны по направлению  $[vB]$ , а электроны — в противоположном направлении, т. е. к точке  $A_1$ . Протоны будут оставаться в месте, электроны же будут накапливаться в  $A_1$  и уходить из  $A_2$ . Т. о. в  $A_1$  будет возникать отрицательный заряд, а в  $A_2$  — положительный заряд. Эти заряды создадут электрич. поле  $E$ , направленное от  $A_2$  к  $A_1$ , т. е. противодействующее полю  $[vB]$ . Равновесие наступит тогда, когда в каждой точке  $E$  будет в точности компенсировать  $[vB]$ , т. е. когда будет

$$[E] = -[vB],$$

откуда

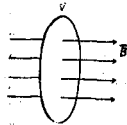
$$E = -vB.$$

Если стержень имеет длину  $l$ , то т. о. между концами его благодаря зарядам возникает электрич. напряжение  $U$ , равное линейному интегралу вектора  $E$ , т. е.  $U = Bvl$ . Если во время движения соединить концы стержня при помощи скользящих контактов с зажимами вольтметра, то вольтметр покажет напряжение  $U$ . То же напряжение возникает и в стержнях динамомашин и называется обычно «эдс вращения». Рассмотрим теперь медную шайбу (фиг. 4), вращающуюся в постоянном магнитном поле с угловой скоростью  $\omega$ . В этом случае опять на каждую ча-



Фиг. 3.

«стипу» будет действовать в среднем электрическом поле  $[vB]$ . Это поле направлено радиально и притом, при выбранном направлении скорости  $v$ , от центра к периферии; следовательно электроны будут накапливаться вблизи центра до тех пор, пока возникшее радиальное поле  $E$ , направленное от периферии к центру, будет компенсировать поле  $[vB]$ . Тогда в любой точке на расстоянии  $r$  от оси вращения будет  $E = Var$ .



Фиг. 4.

Следует отметить, что в этом случае  $\operatorname{div} E = \operatorname{div} Var = 2V\omega$ .

Т. о. внутри вращающегося цилиндра будет равномерно распределен электрич. заряд. Однако плотность этого заряда ничтожна и равна  $2 \cdot 0,884 \text{ В} \cdot 10^{21} \text{ С/см}^2$ .

Это поле создает электрич. напряжение вдоль любого радиуса от периферии к центру:

$$U = \int_0^a Var \, dr = B\omega \frac{a^2}{2},$$

где  $a$ —радиус шайбы. Если установить в центре шайбы и на периферии два скользящих контакта, то по проводам, соединяющим эти контакты, пройдет электрич. ток. Аналогичное рассуждение позволяет определить электрич. напряжение, возникающее между осью и боковой поверхностью цилиндрического магнита, вращающегося вокруг своей оси (фиг. 5).

В перечисленных случаях форма тела давала возможность установиться в данном магнитном поле определенному равновесию. Нетрудно убедиться также, что в общем случае такого равновесия не бывает и при движении тел в магнитном поле возникают электрические токи. Когда тело вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси, параллельной единичному вектору  $k$  в магнитном поле  $B$ , то в этом случае создается внутри тела вихревое электрическое поле, причем

$$\operatorname{rot} E = [B\omega],$$

где  $\omega = k\omega$ . В предыдущих примерах было  $[B\omega] = 0$ . Если же  $B$  направлено под углом к  $\omega$ , то в теле возникают вихревые токи, точное вычисление которых в общем случае весьма затруднительно. Если тело движется в магнитном поле, изменяющемся со времени, то при вычислении индуктированных токов надо учитывать изменение потока, происходящее по двум причинам: изменение во времени индукция  $B$  и изменение положения тела. Создаваемые т. о. вихревые поля просто накладываются друг на друга, и  $\operatorname{rot} E$  получается в любой точке движущегося тела выражение

$$\operatorname{rot} E = -\frac{\partial B}{\partial t} + \operatorname{rot}[vB],$$

где  $v$ —линейная скорость движения рассматриваемой точки. Интегрирование этого уравнения представляет весьма большие трудности, но в практических задачах электротехники приходится большей частью встречаться с такими формами, где это интегрирование чрезвычайно упрощается.

Т. 9. м. IX.

Лит.: Поль Р., Введение в учение об электричестве, М.—Л., 1929; Тамм И. Е., Основы теории электростат., т. 1, М.—Л., 1929; Митревич В. Ф., Физика основ электротехники, ч. 1, М.—Л., 1928; Вейсфельд А. А. Теория электрич. явлений, ч. 1—Теория поля, М.—Л., 1928; Сопп Е., Das Elektromagnetische Feld, В., 1927; Абрахам М., Theorie d. Elektrizität, В. 1, 7 Aufl., В.—Лpz., 1923; Дрисселегорст, Elektrodynamik, Handbuch d. Elektrizität u. d. Magnetismus, hrsg. v. L. Graetz, Leipzig, 1918—23; Селерт Е. J., Lehrbuch der Vektoranalysis, 86g., 1924; Селерт Е. J. Über ungeschlossene Wirbellinien, «Archiv für Elektrotechnik», Berlin, 1926, В. 17; Ганс Р., Einführung in d. Vektoranalysis, 5 Aufl., В.—Лpz., 1923; Френкелъ J., Lehrbuch der Elektrodynamik, В. 1—2, В.—Л., 1926—28. Я. Шварцлейб.

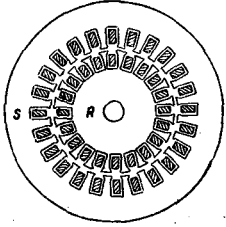
## ИНДУКЦИОННЫЕ МАШИНЫ, асинхронные

машины переменного тока, возмуждаемые со стороны первичной цепи переменным током, имеющие электрически независимые первичную и вторичную обмотки и вращающиеся с изменяющейся от нагрузки скоростью. Они разделяются на бесколлекторные (асинхронные) и коллекторные машины (см.). Существует и промежуточный тип двигателей, вторичная обмотка которых связана с первичной электрически и индуктивно (напр. серийный коллекторный двигатель). У бесколлекторных машин первичная часть соединена с источником переменного тока, а вторичная часть связана с первой трансформаторным путем и замкнута накоротку. Асинхронные бесколлекторные машины имеют наибольшее распространение в качестве двигателей. В отдельных случаях они применяются как генераторы, трансформаторы фазы и напряжения, преобразователи частоты и индукционные катушки.

Асинхронные бесколлекторные машины применяются как для однофазного, так и для многофазного тока. В последнем случае подавляющее распространение имеет трехфазный ток.

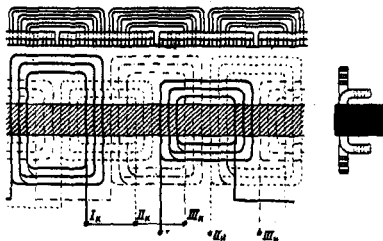
1. Основные элементы машины. Первичная часть машины обычно находится на неподвижной части, называемой статором, а вторичная—на вращающейся, носящей название ротора; но возможно и обратное распределение этих частей. Статор  $S$  и ротор  $R$  асинхронной машины (фиг. 1) выполняются из листового железа, толщ. обыкновенно 0,5 мм, проклеенного с одной стороны бумагой, толщиной 0,05 мм, для уменьшения потерь от токов Фуко.

В этих листах прорезываются пазы, в которые укладывается обмотка. В маленьких машинах пазы изготовляются с непараллельными стенками таким образом, чтобы зубцы имели стенки параллельные, в более крупных машинах пазы имеют параллельные стенки. Для уменьшения сопротивления намагничивающей цепи пазы асинхронных машин обычно изготовляют полукрытого типа. В высоковольтных машинах с напряжением в 3 000 В и выше в последнее время стали применять открытые пазы, к-рые дают возможность употреблять шаблонную обмотку, прорезанную компаундной массой.



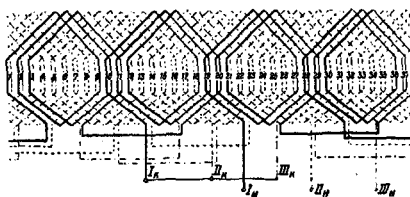
Фиг. 1.

**2. Обмотки.** При трехфазном токе обмотка выполняется на каждом двойном полюсном делении на трех систем катушек, оси к-рых сдвинуты относительно друг друга на 120 электрич. градусов ( $\frac{1}{3}$  двойного полюсного



Фиг. 2.

расстояния). Статорная обмотка соответствует обмотке якоря синхронной машины. Наиболее распространенной является катушечная обмотка с двухэтажным распределением головок, схематически изображенная на фиг. 2. Обмотка I фазы выделена жирными линиями, а II и III — изображена различными пунктирами. Начала и концы фаз отмечены соответствующими индексами (*и* и *к*). Все три фазы соединены на схеме в звезду. В последнее время под влиянием американской практики начали распространяться разрезанные обмотки постоянного тока с укороченным шагом ок. 0,8 полюсного деления  $\tau$ . Схема такой обмотки с сокращением шага до 0,78  $\tau$  представлена на фиг. 3. Эти

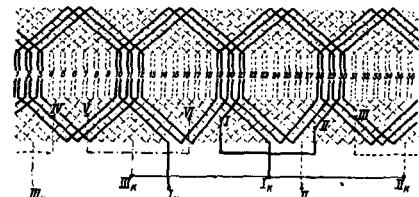


Фиг. 3.

обмотки дают магнитодвижущую силу (мдс), весьма приближающуюся к синусоиде, т. к. благодаря сокращению шага до 0,8  $\tau$  исчезает 5-я гармоническая поля. Кроме того эти обмотки по сравнению с катушечными дают лучшие условия в отношении нагрева. Роторные обмотки выполняются или в виде фазовых, выведенных на контактные кольца, или в виде короткозамкнутых. Наиболее распространенными типами фазовых обмоток являются: катушечная обмотка (фиг. 2), применяемая обычно, в мелких машинах, и обтекающая волновая обмотка, разрезанная на три части для образования трехфазной системы (фиг. 4). Удобство этой обмотки по сравнению с разрезанной обмоткой постоянного тока (фиг. 3) заключается в меньшем количестве соединительных проводов между разрезанными участками. Короткозамкнутые обмотки выполняются также и в виде беличьей клетки (фиг. 5). Она состоит из массивных стержней *а*, вкладываемых

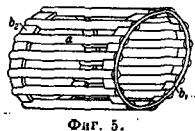
в пазы ротора без изоляции. Торцевые части стержней припаивают или приваривают к медным кольцам  $b_1$  и  $b_2$ .

**3. Вращающееся магнитное поле.** Если к системе из трех катушек, оси к-рых сдвинуты в пространстве на 120 электрич. градусов, подается ток, сдвинутые во времени на 120° (трехфазный ток), то они образуют результирующую мдс, ось которой в течение изменения тока на один период будет перемещаться по окружности статора и ротора на двойное полюсное деление, образуя вращающееся магнитное поле. На фиг. 6, а, согласно помещенной внизу рисунка диаграмме мгновенного распределения токов, ток в фазе I-I' равен максимальному положительному значению, а в фазах II-II' и III-III' — половине максимального значения с обратным знаком, благодаря чему ось магнитного потока  $\Phi$  совпадает с осью катушек фазы I-I'. На фиг. 6, б, взят момент

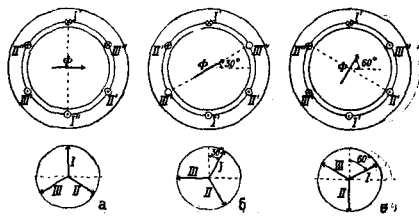


Фиг. 4.

через 30° во времени, когда ток в фазе III-III' равен нулю, а в фазах I-I' и II-II' равен  $\pm \frac{\sqrt{3}}{2}$  своего максимального значения, благодаря чему ось потока  $\Phi$  сдвинулась по часовой стрелке на 30° в пространстве и совпадает с плоскостью катушек фазы III-III'. На фиг. 6, в, взят следующий момент, еще через 30° во времени, когда ток в фазе II-II' равен максимальному отрицательному значению, а в фазах I-I' и III-III' — половине этого максимального значения, но с положительным знаком, благодаря чему ось потока  $\Phi$ ,



Фиг. 5.



Фиг. 6.

сдвинувшись на следующие 30° в пространстве, совпадает с осью катушек фазы II-II'. Таким образом каждому сдвигу тока во времени соответствует сдвиг оси магнитного потока на тот же самый угол в пространстве, благодаря чему и получается.

вращающееся магнитное поле. Если обмотки питаются трехфазным током, то форма распределения мдс вдоль воздушного зазора не будет чисто синусоидальной, но будет иметь кроме основной еще и высшие гармоники поля, к-рые будут перемещаться со скоростью, соответствующей частоте и знаку данной гармоники (см. *Генератор переменного тока*). Скорость, с которой вращается основная синусоида мдс и поля, носит название синхронной. Если обозначить число пар полюсов машины через  $p$ , число периодов первичной цепи через  $f_1$ , то синхронная скорость (в об/м.)

$$n_{c.} = \frac{60 \cdot f_1}{p} \quad (1)$$

**4. Асинхронный двигатель.** а) Принцип действия. Электрич. энергия, подводимая к первичной цепи многофазного асинхронного двигателя, превращается в магнитную, которая путем соответствующего размещения обмоток распределяется синусоидально вдоль воздушного зазора. Образующееся вращающееся магнитное поле пересекает вторичную обмотку и индуцирует в ней эдс, величина и число периодов которой пропорциональны относительной скорости ротора и поля. При замкнутой обмотке и неподвижном роторе эта эдс вызывает во вторичной цепи токи, к-рые, вступая во взаимодействие с полем, создают механич. усилия, направленные в сторону вращения поля. Так как статор неподвижно закреплен, то ротор начинает вращаться в направлении поля. Если первичная цепь находится на роторе, то он начинает вращаться против поля. Если при первичной системе на статоре довести ротор до синхронной скорости, то его проводники не будут пересекаться вращающимся полем, вследствие чего в них исчезнут эдс и ток, а следовательно исчезнет и вращающий момент, увлекающий ротор в направлении вращения поля. Однако трение и механич. потери, существующие и при отсутствии нагрузки, вызовут отставание ротора от магнитного потока, и в обмотке ротора появятся токи, к-рые создадут вращающий момент, необходимый для покрытия этих потерь. Т. о. ротор двигателя имеет стремление догнать поле, но не может достигнуть синхронизма, почему такой двигатель и носит название асинхронного. Отставание скорости ротора от скорости магнитного поля носит название с к о л ь ж е н и я. Если магнитное поле вращается со скоростью  $n_{c.}$  об/м., а ротор—со скоростью  $n_p$  об/м., то скольжение можно представить ф-лой:

$$s = \frac{n_{c.} - n_p}{n_{c.}} \quad (2)$$

Вращающий момент и скольжение находятся в тесной зависимости между собой. При холостом ходе двигателя, когда вращающий момент нужен лишь для покрытия потерь на трение в подшипниках и о воздух, ротор вращается со скоростью, ничтожно отличающейся от синхронной. При нагрузке двигателя вращение ротора замедляется, и скольжение возрастает. Так как в этом случае обмотка ротора перерезает большее число магнитных линий, то эдс и ток в ней возрастают, благодаря чему увеличивается

и вращающий момент. В небольших двигателях скольжение при полной нагрузке достигает 5%, в средних и больших всего 1—1,5%. Так как у асинхронного двигателя изменение скорости при переходе от холостого хода к полной нагрузке весьма невелико, то в этом отношении он имеет полное сходство с шунтовым двигателем постоянного тока в случае его работы при постоянном напряжении на зажимах и постоянном возбуждении.

Если при неподвижном двигателе вращающееся магнитное поле индуцирует во вторичной системе эдс  $E_2$ , то при скольжении  $s$  эта эдс будет равна

$$E_{2s} = \frac{n_{c.} - n_p}{n_{c.}} \cdot E_2 = s \cdot E_2 \quad (3)$$

Соответственно частота вторичной цепи выразится уравнением:

$$f_2 = s \cdot f_1 \quad (4)$$

Разница скоростей поля и ротора

$$n_s = n_{c.} - n_p = \frac{60 \cdot f_2}{p} \quad (5)$$

а потому скорость ротора

$$n_p = n_{c.} - n_s = n_{c.} (1 - s) \quad (6)$$

б) Асинхронный двигатель как трансформатор. Асинхронный двигатель при неподвижном роторе представляет короткозамкнутый трансформатор с вращающимся полем. При вращении ротора со скоростью  $n_p$  об/м. поле вращается относительно ротора со скоростью  $n_{p.}$  об/м., а относительно статора—со скоростью  $n_{p.} + n_{c.} = n_{c.}$  об/м.; т. е. с той же скоростью, с какой относительно статора вращается и основное поле. Т. о. при любых скоростях двигателя поле ротора и вращающееся поле имеют относительно неподвижного статора одну и ту же скорость. Это обстоятельство дает возможность привести вращающийся двигатель к статическому трансформатору, который по своему воздействию на первичную систему будет эквивалентен этому асинхронному двигателю. При неподвижном роторе вторичный ток двигателя

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + (2\pi f_1 L_2)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + x_2^2}} \quad (7)$$

где  $R_2$  и  $x_2$ —активное и реактивное сопротивления, а  $L_2$ —коэф. самонадукция (рассеяния) вторичной цепи. При вращении ротора со скольжением  $s$

$$I_2 = \frac{s E_2}{\sqrt{R_2^2 + (2\pi f_2 L_2)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + (2\pi f_1 L_2)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + x_2^2}} \quad (8)$$

Выражения (7) и (8) отличаются только членом активного сопротивления. Этот член при вращении двигателя м. б. представлен в следующем виде:

$$\frac{R_2}{s} = R_2 + \frac{1-s}{s} \cdot R_2 \quad (9)$$

т. е. при вращении асинхронный двигатель будет эквивалентен статич. трансформатору, у к-рого вторичное активное сопротивление увеличивается добавлением члена  $\frac{1-s}{s} \cdot R_2$ , а реактивное сопротивление  $x_2 = 2\pi f_1 L_2$

остаётся неизменным при всех скоростях. При неподвижности двигателя скольжение  $s = 1$ , поэтому  $\frac{R_2}{s} = R_2$ , т. е. выражения (7) и (8) являются идентичными. При  $s = 0$ ,

$$\frac{R_2}{s} = \infty,$$

благодаря чему вторичный ток  $I_2$  равен 0, и двигатель не развивает никакой мощности. При  $s = \pm \infty$ ,  $\frac{R_2}{s} = 0$ , поэтому вторичный ток становится реактивным и двигатель также не развивает вращающего момента.

Эквивалентная схема асинхронного двигателя, приведенная к статич. трансформатору, представлена на фиг. 7. Здесь  $R_1$  и  $x_1$  представляют активное и реактивное сопротивление первичной цепи,  $R_0$  и  $x_0$  — сопротивления намагничивающего контура. Точно так же  $R_2', x_2'$ ,  $I_2'$  представляют сопротивления и ток вторичной цепи, приведенные к первичной цепи:

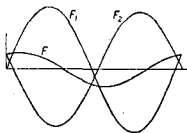
$$R_2' = R_2 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{(w_1 k_1)^2}{(w_2 k_2)^2}, \quad (10)$$

$$x_2' = x_2 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{(w_1 k_1)^2}{(w_2 k_2)^2}, \quad (10a)$$

$$I_2' = I_2 \cdot \frac{m_2 w_2 k_2}{m_1 w_1 k_1}. \quad (11)$$

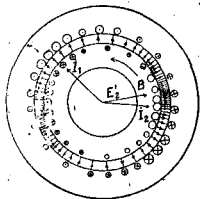
Здесь  $m_1$  и  $m_2$  — числа фаз первичной и вторичной цепи,  $w_1$  и  $w_2$  — числа витков этих цепей и  $k_1$  и  $k_2$  — их коэффициенты обмоток. Выражение  $\frac{1-s}{s} \cdot R_2'$  представляет собою вышеупомянутый добавочный член, дающий возможность привести вращающийся двигатель к статическому трансформатору.

При работе асинхронного двигателя его статорная и роторная обмотки обтекаются токами. К статору ток подводится из внешней цепи, в роторе же он индуцируется вращающимся магнитным полем. Обе мдс распределяются синусоидально вдоль воздушного зазора и двигаются вдоль него с одной и той же скоростью, сохраняя неизменное расположение одна относительно другой. Обе синусоиды  $F_1$  и  $F_2$  (фиг. 8)



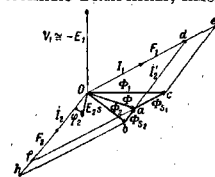
Фиг. 8.

почти противоположны и несколько сдвинуты одна относительно другой, причем мдс статора  $F_1$  несколько выше, чем мдс ротора  $F_2$ . Равнодействующая этих двух синусоид  $F$  дает ту намагничивающую мдс, к-рая создает магнитный поток взаимной индукции статора и ротора, проходящий через воздушный зазор. Равнодействующая мдс  $F$  также синусоидальна и перемещается вдоль воздушного зазора с той же скоростью. Расположение мдс  $F_1$ ,



Фиг. 9.

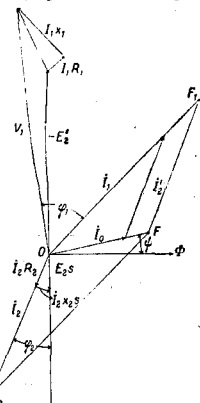
$F_2$  и  $F$  представлено в полукартинном изображении на фиг. 9, где векторы токов  $I_1$  и  $I_2$ , индукции  $B$  и индуцированной эдс в статоре  $E_1'$  направлены к положительным максимумам этих величин соответственно выбранному моменту времени. Изменение этих величин во времени по отношению к некоторой выбранной точке или проводнику статора является синусоидальным и происходит с частотой статора  $f_1$ ; одновременно это изменение является синусоидальным и по отношению к любой выбранной точке ротора, но по отношению к ротору это изменение происходит уже с частотой вторичной системы  $f_2 = sf_1$ . Только с этой точки зрения возможно представлять первичные и вторичные переменные величины, имеющие различные частоты, одной и той же векторной диаграммой. Поэтому векторы фиг. 9 м. б. использованы для изображения не только пространственных фаз, но также и временных фаз нескольких переменных, когда они рассматриваются или со стороны неподвижной или со стороны вращающейся части машины. Очевидно, что в действительности нет определенной разности фаз между токами в определенном проводе первичной системы и в каком-нибудь другом определенном проводе вторичной системы, имеющей другую частоту.



Фиг. 10.

Подобно трансформатору асинхронный двигатель имеет следующие потоки (фиг. 10): поток взаимной индукции  $\Phi$ , проходящий через воздушный зазор и сцепляющийся одновременно с первичной и вторичной цепью; поток  $\Phi_1$ , сцепляющийся полностью только с первичной цепью, и поток  $\Phi_2$ , сцепляющийся со вторичной цепью. Поток  $\Phi$  составляется из геометрической суммы потока  $\Phi$  и потока рассеяния первичной цепи  $\Phi_{s1} = \Phi + \Phi_{s1}$ . Точно так же поток рассеяния вторичной цепи  $\Phi_{s2} = \Phi + \Phi_{s2}$ . Поток рассеяния  $\Phi_{s1}$  совпадает по направлению с током  $I_1$  и первичной мдс  $F_1$ ; точно так же поток  $\Phi_{s2}$  совпадает по направлению с током  $I_2$  и мдс  $F_2$ . Если пренебречь активным падением напряжения в первичной цепи  $I_1 R_1$ , то поток  $F_1$  индуцирует в первичной цепи электродвижущую силу  $E_1$ , которая уравновешивает приложенное напряжение  $V_1$ ; поэтому при  $V_1 = \text{Const}$  и  $\Phi_1 \approx \text{Const}$ .

Поток взаимной индукции  $\Phi$ , проходящий через воздушный зазор и сцепляющийся одновременно с первичной и вторичной цепью; поток  $\Phi_1$ , сцепляющийся полностью только с первичной цепью, и поток  $\Phi_2$ , сцепляющийся со вторичной цепью. Поток  $\Phi$  составляется из геометрической суммы потока  $\Phi$  и потока рассеяния первичной цепи  $\Phi_{s1} = \Phi + \Phi_{s1}$ . Точно так же поток рассеяния вторичной цепи  $\Phi_{s2} = \Phi + \Phi_{s2}$ . Поток рассеяния  $\Phi_{s1}$  совпадает по направлению с током  $I_1$  и первичной мдс  $F_1$ ; точно так же поток  $\Phi_{s2}$  совпадает по направлению с током  $I_2$  и мдс  $F_2$ . Если пренебречь активным падением напряжения в первичной цепи  $I_1 R_1$ , то поток  $F_1$  индуцирует в первичной цепи электродвижущую силу  $E_1$ , которая уравновешивает приложенное напряжение  $V_1$ ; поэтому при  $V_1 = \text{Const}$  и  $\Phi_1 \approx \text{Const}$ .



Фиг. 11.

Полная векторная диаграмма асинхронного двигателя при учете активного первичного сопротивления представлена на фиг. 11: здесь  $-E'_2$  представляет собою составляющую первичного напряжения, которая уравновешивает обратную эдс  $E_2$ , индуктированную в первичной цепи потоком взаимной индукции  $\Phi$ ;  $E_{2s} = sE_2$  — эдс, индуктированная потоком  $\Phi$  во вторичной цепи и отстающая от этого потока на  $90^\circ$ . Ток вторичной системы  $I_2$  отстает на угол  $\varphi_2$  от эдс  $E_{2s}$  вследствие влияния реактивного сопротивления этой цепи  $2\pi f_2 L_2 = s x_2$ . Угол  $\varphi_2$  определяется соотношением

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (s x_2)^2}} \quad (12)$$

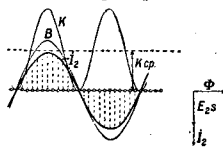
и меняется с изменением скольжения  $s$ . Сила тока в обмотке статора  $I_1$  должна создавать вращающийся магнитный поток  $\Phi$  и одновременно компенсировать размагничивающее действие тока  $I_2$  вторичной обмотки. Если  $OF_2$  представляет мдс ротора, совпадающую по направлению с током  $I_2$ , а  $OF$  — результирующую мдс, необходимую для создания потока взаимной индукции  $\Phi$  при отсутствии тока в роторе, то мдс статора должна равняться геометрической сумме векторов  $OF_1 = OF + FF_1$ . Последний вектор равен, но прямо противоположен мдс ротора  $OF_2$ . Вектор  $OF_1$  в определенном масштабе одновременно выражает ток в статоре  $I_1$ . Результирующая мдс  $OF$  благодаря влиянию гистерезиса опережает вектор магнитного потока  $\Phi$  на небольшой угол  $\varphi$ .

Напряжение на зажимах первичной обмотки состоит из трех слагающих:

$$\bar{V}_1 = -\bar{E}'_2 + \bar{I}_1 R_1 + \bar{I}_1 x_1 \quad (13)$$

С возрастанием нагрузки и тока  $I_1$  увеличиваются падения напряжения  $\bar{I}_1 R_1$  и  $\bar{I}_1 x_1$ , поэтому начинает несколько уменьшаться эдс  $-E'_2$  и, пропорционально, поток взаимной индукции  $\Phi$ .

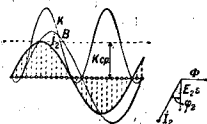
в) Вращающий момент и мощность. Рассмотрим для простоты работу двигателя с ротором в виде беличьей клетки. При нагрузке двигателя его ротор отстает от вращающегося



Фиг. 12.

поле, и в проводниках ротора индуктируются токи, число периодов которых пропорционально скольжению. При малых скольжениях реактивное сопротивление роторной обмотки  $s x_2$  весьма мало по отношению к активному  $R_2$ , поэтому ток ротора  $I_2$  практически совпадает по фазе с вызывающей его эдс  $s E_2$ . Т. к. кривая распределения величин эдс, индуктированных в отдельных проводниках ротора, совпадает в случае беличьей клетки с кривой распределения индукции вдоль воздушного зазора, а токи в проводниках пропорциональны эдс, то кривая распределения токов  $I_2$  будет совпадать с кривой распределения индукции  $\Phi$  (фиг. 12). Кривая  $K$ , пропорциональная

произведениям значений  $I_2$  и  $\Phi$  для каждой точки, очерчивает ординаты, равные механич. силам, действующим в данный момент на отдельные проводящие ротора. Эта кривая неизменна для различных моментов времени и перемещается вместе с кривой распределения поля, откуда следует, что многофазные асинхронные двигатели дают для данной нагрузки постоянное среднее окружное усилие  $K_{cp}$  и постоянный вращающий момент независимо от положения ротора. Если двигатель работает при столь значительном скольжении  $s$ , что реактивное сопротивление  $s x_2$  становится уже достаточно большим по отношению к активному сопротивлению  $R_2$ , то сила тока  $I_2$  начинает отставать по фазе от эдс  $s E_2$  на угол  $\varphi_2$ , и кривые распределения тока  $I_2$ , поля  $\Phi$  и окружных усилий  $K$  принимают вид, показанный на фиг. 13.



Фиг. 13.

Вследствие несовпадения кривых поля  $\Phi$  и тока  $I_2$ , на нек-рую часть проводников будет действовать механич. сила  $K_1$ , направленная противоположно движению поля; в результате, при той же силе тока  $I_2$  в роторе, среднее окружное усилие  $K_{cp}$  и вращающий момент получаются меньше.

Мощность, передаваемая со статора на ротор,

$$P_e = \frac{M \cdot n_c \cdot 2\pi}{60} \cdot \frac{736}{75} = \frac{M \cdot n_c}{0,975} W, \quad (14)$$

если вращающий момент измеряется в кгм, а скорость — в об/м. Ротор имеет скорость  $n_p$  об/м., поэтому на его окружности развивается мощность

$$P_p = \frac{M \cdot n_p}{0,975} = Q'_m = P_2 - Q'_m, \quad (15)$$

где  $P_p$  — мощность на окружности ротора и  $Q'_m$  — механич. и добавочные железные потери двигателя. На поверхности и в толще зубцов статора и ротора получают еще добавочные поверхностные и пульсационные потери  $Q_d$  благодаря колебаниям величин поля от наличия зубцов. Эти добавочные потери  $Q_d$  действуют на уменьшение полезного вращающего момента точно так же, как и механические потери  $Q_m$ , поэтому

$$P_p = P_2 - Q_m - Q_d = P_2 - Q'_m \quad (15a)$$

Разница мощности  $P_p$  и  $P_2$ , необходимая для образования тока в роторе, превращается в его обмотках в джоулево тепло. Потери на токи Фуко и гистерезис в железе ротора  $Q_{ж.2}$  при малой частоте  $f_2 = f_1 s$  можно пренебречь, поэтому

$$Q_{ж.2} = P_e - P_2 = \frac{M}{0,975} (n_c - n_p) = \frac{M}{0,975} \cdot s n_c = s P_e = m_2 I_2^2 R_2 = m_1 (I_2)^2 \cdot R_2. \quad (16)$$

Т. о. передаваемая со статора на ротор мощность идет, с одной стороны, на создание полезной мощности на валу  $P_p$ , а с другой стороны — на покрытие потерь в обмотке ротора  $Q_{ж.2}$  и механич. добавочных потерь  $Q'_m$ . Из предыдущего следует, что

$$P_2 = P_e \cdot \frac{n_p}{n_c} = P_e \frac{n_c - n_s}{n_c} = P_e (1 - s), \quad (17)$$

$$\frac{Q_{м.2}}{P_e} = \frac{n_2}{n_c} = s \quad (18)$$

и

$$\frac{P_2}{Q_{м.2}} = \frac{n_p}{n_2} = \frac{1-s}{s} \quad (19)$$

Электрич. мощность  $Q_{м.2}$ , теряемая в роторе, пропорциональна скольжению  $s$  и зависит от сопротивления  $R_2$ , поэтому для получения хорошего кпд  $R_2$  д. б. возможно меньше. Мощность  $P_e$  может быть выражена также и через электрические величины двигателя:

$$P_e = m_2 E_2 I_2 \cos \varphi_2, \quad (20)$$

где

$$E_2 = \pi V/2 \cdot w_2 k_{w2} f_1 \Phi \cdot 10^{-8} \text{ В.} \quad (21)$$

Из равенств (14), (1), (20) и (21) следует, что момент (в кэм)

$$M = 7,22 m_2 w_2 k_2 p I_2 \Phi \cos \varphi_2 \cdot 10^{-8} = k I_2 \Phi \cos \varphi_2. \quad (22)$$

Между потоком, сцепляющимся с некоторым витком, и эдс этого витка имеется сдвиг по фазе на  $90^\circ$ . Т. к. между током  $I_2$  и эдс витка имеется сдвиг по фазе на угол  $\varphi_2$ , то между током  $I_2$  и потоком  $\Phi$  получается сдвиг по фазе на угол  $(90 + \varphi_2)$ ; поэтому в формуле (22) можно заменить  $\cos \varphi_2$  через  $\sin (90 + \varphi_2)$  или  $\sin (\Phi, I_2)$ ; отсюда

$$M = k I_2 \Phi \sin (\Phi, I_2). \quad (22a)$$

Подведенная к статору мощность  $P_1$  больше мощности  $P_e$  на величину джоулевых потерь в статорной обмотке  $Q_{м.1}$  и потерь в железе на токи Фуко и гистерезис  $Q_{ж.1}$ , поэтому

$$P_1 = m_1 V_1 I_1 \cos \varphi_1 = P_e + Q_{м.1} + Q_{ж.1} = P_e + 3I_1^2 R_1 + Q_{ж.1}. \quad (23)$$

г) Максимальный момент вращающийся момент. Заменяя в выражении (22) для вращающегося момента  $M$  ток  $I_2$  и  $\cos \varphi_2$  их значениями из ф-л (8) и (12) и принимая во внимание ф-лу (21), получаем, что

$$M = k \Phi \frac{s E_2 I_2}{R_2^2 + (s x_2)^2} = k' \Phi^2 \frac{R_2 s}{R_2^2 + (s x_2)^2}. \quad (24)$$

Пренебрегая относительно небольшим изменением потока  $\Phi$  под влиянием первичных падений напряжения под нагрузкой и заменяя  $k' \Phi^2$  через постоянную  $C$ , получаем, что

$$M = C \frac{R_2 s}{R_2^2 + s^2 x_2^2}. \quad (24a)$$

При небольших скольжениях член  $s^2 x_2^2$  ничтожно мал по сравнению с  $R_2^2$ , а поэтому можно считать знаменатель постоянным, а момент  $M$  пропорциональным скольжению. При дальнейшем увеличении скольжения знаменатель начинает возрастать, и момент увеличивается не пропорционально скольжению, а несколько меньше. При некотором определенном скольжении момент  $M$  достигает максимума и затем начинает уже уменьшаться. Для нахождения максимума момента нужно взять в выражении (24a) производную от  $M$  по  $s$  и приравнять ее нулю:

$$\frac{dM}{ds} = -C \frac{-\frac{R_2^2}{s^2} + x_2^2}{\left(\frac{R_2^2}{s^2} + s x_2^2\right)^2} = 0. \quad (25)$$

Т. к. в этом выражении при  $M$  неравно нулю знаменатель не м. б. бесконечно большим, то числитель должен равняться нулю.

Отсюда условие для максимума момента имеет вид:

$$s = \frac{R_2}{x_2}. \quad (26)$$

Этот максимум наступает при тем большем скольжении, чем больше отношение  $R_2$  к  $x_2$ . Из выражения (26) можно заключить, что

$$\frac{R_2}{s x_2} = 1. \quad (27)$$

Т. о. вращающий момент достигает максимума, когда реактивное сопротивление  $s x_2$  равно активному  $R_2$ . Подставляя значение  $s$  из выражения (26) в формулу (24), получаем для максимального момента следующее выражение:

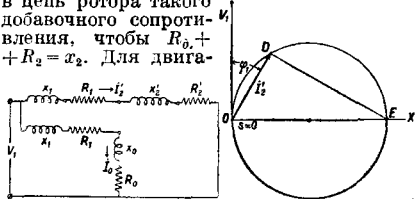
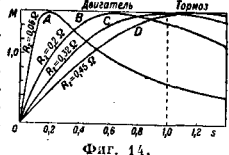
$$M_{max} = k' \frac{\Phi^2}{2 x_2}. \quad (24b)$$

В это выражение не входит  $R_2$ , поэтому  $M_{max}$  не зависит от сопротивления ротора; но т. к.  $R_2$  входит в общее выражение (24) для момента, то величина  $R_2$  влияет лишь на то, при каком значении момент  $M$  принимает максимальное значение.

На фиг. 14 представлена зависимость  $M$  от скольжения  $s$  для одного из двигателей при четырех различных значениях  $R_2$ , что достигается включением в ротор добавочного сопротивления.

Хотя все кривые различны, но для всех значение  $M_{max}$  одно и то же. Так как по достижении максимального момента двигатель теряет устойчивость, то этот момент носит название о п р о к и д ы в а ю щ е г о.

д) Начальный вращающийся момент. На практике часто требуется, чтобы двигатель при пуске в ход развивал  $M_{нач}$ . В этом случае, согласно ф-ле (27),  $R_2$  д. б. равно  $x_2$ , т. к.  $s=1$ . Это достигается включением в цепь ротора такого добавочного сопротивления, чтобы  $R_2 + R_2 = x_2$ . Для двига-



теля фиг. 14 в этом случае получается кривая момента  $C$ . Если в ф-лу (24) подставить  $s=1$ , то получится выражение для начального момента:

$$M_{н.} = k' \Phi^2 \cdot \frac{R_2}{R_2^2 + x_2^2}. \quad (24в)$$

е) Приближенная круговая диаграмма. Если сопротивления  $R_1, x_1, R_2, x_2, R_0$  и  $x_0$  постоянны, то при изменении скольжения  $s$  конец вектора тока  $I_2$  описывает окружность. Наиболее простой способ получения круговой диаграммы вытекает из приближенной эквивалентной схемы (фиг. 15), отличающейся от точной схемы (фиг. 7) тем, что намагничивающий контур

выносится на первичные зажимы. Благодаря этому нагрузочный ток  $I_2'$  становится независимым от тока холостого хода  $I_0$ . В этом случае

$$I_2' = \frac{V_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (x_1 + x_2')^2}} = \frac{V_1}{z_n}. \quad (28)$$

Ток  $I_2'$  составляет с напряжением  $V_1$  угол  $\varphi_1$ , определяемый соотношением

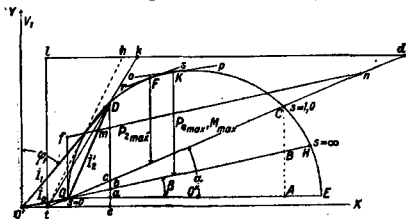
$$\sin \varphi_1 = \frac{x_1 + x_2'}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (x_1 + x_2')^2}} = \frac{x_1 + x_2'}{z_n}. \quad (29)$$

При  $s=0$ ,  $\sin \varphi_{10} = 0$  и  $\angle \varphi_{10} = 0$ .

Проведем (фиг. 16) перпендикуляр  $OX$  к направлению тока  $I_2'$  при  $s=0$  и восстановим из конца  $D$  вектора тока  $\overline{OD} = I_2'$  при каком-либо произвольном значении  $s$  перпендикуляр к линии  $OD$  до пересечения с линией  $OX$  в точке  $E$ . Докажем, что для любого  $I_2'$   $\overline{OE} = \text{Const}$ . Действительно, принимая во внимание ф-лы (28) и (29), имеем:

$$\overline{OE} = \frac{\overline{OD}}{\sin \varphi_1} = \frac{I_2'}{\sin \varphi_1} = \frac{V_1 z_n}{z_n(x_1 + x_2')} = \frac{V_1}{x_n} = \text{Const}, \quad (30)$$

т. к. в выражение для  $\overline{OE}$  не входит скольжение  $s$ .  $\overline{OE}$  наз. идеальным током короткого замыкания. Прибавляя геометрически к



Фиг. 17.

вектору тока  $\overline{OD} = I_2'$  вектор тока холостого хода  $\overline{OO'} = I_0$ , получаем полную приближенную круговую диаграмму для результирующего первичного тока:  $\overline{I_1} = \overline{I_2'} + \overline{I_0}$  (фиг. 17).

ж) Мощности и моменты в круговой диаграмме. Согласно ф-ле (23), можно мощность, переданную со статора на ротор, представить в следующем виде:

$$P_e = P_1 - 3I_1^2 R_1 - Q_{ж.к.} \approx P_1 - 3(I_2')^2 R_1 - 3I_0^2 R_1 - Q_{ж.к.} \quad (31)$$

При увеличении скольжения потери на трение  $Q_{ж.к.}$  и добавочные  $Q_d$  уменьшаются и становятся равными нулю при  $s=1,0$ , но взамен этого с увеличением скольжения возрастают потери в железе ротора  $Q_{ж.р.}$ ; поэтому можно приближенно принять, что  $Q_{ж.р.} + Q_{ж.к.} + Q_d \approx \text{Const}$ . Обозначим сумму потерь  $3I_1^2 R_1 + Q_{ж.к.} + Q_{ж.р.} + Q_d + Q_d$  через  $Q_0$ , и отнесем все эти потери к цепи намагничивающего контура; тогда можно считать, что

$$P_e \approx P_1 - 3(I_2')^2 R_1 - Q_0 \quad (32)$$

$$P_2 = P_e - 3(I_2')^2 R_2. \quad (33)$$

При постоянной частоте  $f_1$  мощность  $P_e$ ,

переданная со статора на ротор, выражает в масштабе синхронных ватт также и вращающий момент двигателя. Кпд двигателя

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}. \quad (34)$$

Скольжение двигателя, принимая во внимание формулу (16),

$$s = \frac{m_1(I_2')^2 R_2'}{P_e}. \quad (35)$$

Все эти величины м. б. найдены и из круговой диаграммы (фиг. 17). Точка  $C$  соответствует току  $I_{2к}$  короткого замыкания ( $s=1$ ); поэтому, согласно ф-ле (30),

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha &= \frac{R_1 + R_2'}{x_1 + x_2'} = \frac{\overline{OE}}{V_1} (R_1 + R_2') = \\ &= k \cdot \overline{OE} (R_1 + R_2'). \end{aligned} \quad (36)$$

Деля вектор  $\overline{CA}$  точкой  $B$  на отрезки  $\overline{CB}$  и  $\overline{BA}$ , пропорциональные  $R_1$  и  $R_2'$ , имеем:

$$\text{tg } \beta = k \cdot \overline{OE} \cdot R_1; \quad (37)$$

$$\text{tg } \alpha - \text{tg } \beta = k \cdot \overline{OE} \cdot R_2'. \quad (38)$$

При коротком замыкании вектор  $\overline{AC}$  выражает в масштабе первичной мощности джоулевые потери в первичной и вторичной цепях:

$$\overline{AC} = k \cdot (I_{2к}')^2 \cdot (R_1 + R_2'); \quad (39)$$

$$\overline{BA} = k \cdot (I_{2к}')^2 \cdot R_1; \quad (40)$$

$$\overline{BC} = k \cdot (I_{2к}')^2 \cdot R_2'. \quad (41)$$

Принимая во внимание ф-лы (36), (37), (38) и то, что отрезок  $\overline{Oa} = \frac{\overline{OD}^2}{\overline{OE}}$ , получаем, что для

вектора  $\overline{I_2} = \overline{OD}$  при любом скольжении  $s$  отрезки  $\overline{ac}$ ,  $\overline{ab}$  и  $\overline{bc}$  выражают соответственно в том же масштабе суммарные и отдельные джоулевые потери в обмотках статора и ротора; поэтому

$$\begin{aligned} \overline{ac} &= \overline{Oa} \cdot \text{tg } \alpha = k \cdot \overline{OD}^2 \cdot (R_1 + R_2') = \\ &= k (I_2')^2 (R_1 + R_2'); \end{aligned} \quad (39a)$$

$$\overline{ab} = \overline{Oa} \cdot \text{tg } \beta = k \cdot \overline{OD}^2 \cdot R_1 = k (I_2')^2 \cdot R_1; \quad (40a)$$

$$\overline{bc} = \overline{Oa} (\text{tg } \alpha - \text{tg } \beta) = k \cdot \overline{OD}^2 \cdot R_2' = k (I_2')^2 R_2'. \quad (41a)$$

Вектор  $\overline{ea}$  выражает в том же масштабе потери холостого хода  $Q_0$ . Т. о. первичная мощность  $P_1$  выражается вектором  $\overline{De}$ ; мощность, переданная со статора на ротор  $P_e$ , и момент в синхронных ваттах—вектором  $\overline{Db}$ ; мощность на валу двигателя  $P_2$ —вектором  $\overline{Dc}$ .

Скольжение

$$s = \frac{m_1 (I_2')^2 R_2'}{P_e} = \frac{\overline{bc}}{\overline{Db}}. \quad (34a)$$

Коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\overline{Dc}}{\overline{De}}. \quad (35a)$$

з) Определение скольжения из круговой диаграммы. Проводим линию  $\overline{Of}$  перпендикулярно к линии  $\overline{OO'}$ , проводим далее линию  $\overline{fn}$  параллельно  $\overline{OB}$  и получаем точку  $n$  на пересечении линии  $\overline{fn}$  и  $\overline{OD}$ . Тр-к.  $Obc$  подобен тр-ку  $Ofn$ , поэтому  $\frac{\overline{bc}}{\overline{Ob}} = \frac{\overline{Of}}{\overline{fn}}$ . Треугольник  $ObD$  подобен треугольнику  $Ofm$ , поэтому  $\frac{\overline{Ob}}{\overline{Ob}} = \frac{\overline{Of}}{\overline{Of}}$ .

поэтому  $\frac{\overline{bc}}{\overline{Ob}} = \frac{\overline{Of}}{\overline{fn}}$ . Треугольник  $ObD$  подобен треугольнику  $Ofm$ , поэтому  $\frac{\overline{Ob}}{\overline{Ob}} = \frac{\overline{Of}}{\overline{Of}}$ .



Перемножив эти равенства, получаем:

$$\frac{bc}{id} = \frac{fm}{fn} = s.$$

Если разделить линию  $\overline{fn}$  на 100 частей, то отрезок  $fm$  дает значение скольжения  $s$  в %. Таким способом можно легко определить скольжения, соответствующие различным точкам круговой диаграммы. Точка  $C$  соответствует скольжению  $s=1$ , точка  $H$ —скольжению  $s=\pm\infty$  и точка  $O$ —скольжению  $s=0$ . Скольжение и точка круговой диаграммы  $K$ , соответствующие  $M_{max}$ , получаются проведением касательной ор к кругу параллельно линии  $OH$ , соединяющей точки  $s=0$  и  $s=\pm\infty$ . Точка  $F$ , соответствующая максимальной мощности  $P_{e,max}$  получается проведением касательной  $rs$  параллельно линии  $OC$ .

н) Определение кпд из круговой диаграммы. Продолжаем линию  $CO$  до пересечения с осью абсцисс  $O'X$  в точке  $i$  и проводим через эту точку линию  $ll$  перпендикулярно к линии  $OO'$ , т. е. в данном случае параллельно оси ординат  $O'Y$ . Проводим линию  $id$  параллельно оси абсцисс  $O'X$  и продолжаем линию  $iD$  и  $iC$  до пересечения с линией  $id$  в точках  $k$  и  $d$ .

Тр-к  $tes$  подобен тр-ку  $ild$ , поэтому

$$\frac{ce}{te} = \frac{il}{id}.$$

Тр-к  $tDe$  подобен тр-ку  $ilk$ , поэтому

$$\frac{ie}{De} = \frac{ik}{il}.$$

Перемножив эти равенства, имеем

$$\frac{ce}{De} = \frac{ik}{id},$$

откуда

$$\frac{id - ik}{id} = \frac{kd}{De} = \frac{De - ce}{De} = \frac{Dc}{De} = \eta.$$

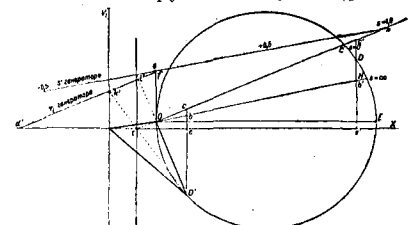
Если разделить линию  $id$  на 100 частей, то отрезок  $kd$  даст значение кпд в %. Точка  $i$  соответствует  $\eta=0$ , точка  $h$ , получаемая на продолжении касательной к кругу из точки  $i$ , соответствует  $\eta_{max}$ .

к) Влияние сопротивления ротора на начальный момент. Начальный момент выражается вектором  $OB$  (фиг. 17). Если отложить от точки  $O$  параллельно оси абсцисс сумму  $x_1 + x_2$  (фиг. 18) и от конца этого отрезка восстановить перпендикуляр, то продолжения линий  $OH$  и  $OC$  отсекут на нем отрезки  $SQ$  и  $QL$ , равные в том же масштабе сопротивлению  $R_2$  и  $R_1$ .

При увеличении вторичного сопротивления с помощью введения добавочного сопротивления  $R_2$ , точка короткого замыкания перемещается вверх по кругу, благодаря чему возрастает и начальный момент. Если увеличить сопротивление  $R_2$  до значения, равного  $ST$ , то точка короткого замыкания станет в положении  $K$  опрокидывающего момента  $M_{max}$ .

и двигатель будет пускаться в ход при максимальном вращающем моменте.

б. Асинхронный генератор. Асинхронная машина работает от точки короткого замыкания  $s=1,0$  до точки холостого хода  $s=0$  в режиме двигателя. Если при помощи постороннего двигателя увеличить ее скорость выше синхронной, то в этом случае ротор будет вращаться скорее поля с отрицательным скольжением  $s < 0$ , благодаря чему изменится направление тока в проводниках ротора и машина переходит в режим работы генератора. В данном случае изменяется знак вторичного тока  $I_2$ , компенсируемого гл. обр. активной составляющей первичного тока  $I_1$ ; поэтому двигатель продолжает работать с отстающим  $\cos \phi$ , получая намагничивание из сети. Круговая диаграмма (фиг. 19)



Фиг. 19.

в нижней своей части выражает область работы асинхронной машины в качестве генератора. Скольжение в этом случае получается графически на продолжении линии  $\overline{fn}$  влево от точки  $f$ , причем масштаб для скольжений остается прежний, но они должны считаться отрицательными. Мощность на валу выражается отрезком  $\overline{D'c}$ , а полезная мощность, отдаваемая в сеть, отрезком  $\overline{D'e}$ . Кпд выражается отношением  $\eta = \frac{D'e}{D'c}$ . Для получения кпд из графически построения нужно провести линию  $\overline{l'd'}$  параллельно линии  $OC$ , соединяющей точки  $s=1,0$  и  $s=0$ , до пересечения с линией  $ll'$  и осью абсцисс. Если разделить линию  $\overline{l'd'}$  на 100 частей и провести через конец вектора тока  $D'$  линию  $\overline{D'lk'}$  до пересечения с линией  $\overline{l'd'}$ , то отрезок  $\overline{k'd'}$  даст кпд в %.

Асинхронные генераторы находят применение на небольших ветросиловых и гидроэлектрических станциях, так как пуск в ход их чрезвычайно прост и не требует синхронизирующих устройств. Кроме того свойство асинхронного двигателя переходить в режим генератора при вышесинхронной скорости используется для рекуперации энергии на электр. ж. д. при тяге трехфазными двигателями, а также при подъемных устройствах. Преимуществом асинхронного генератора по сравнению с синхронным является его простота и дешевизна, но недостатком является работа с отстающим  $\cos \phi$ , т. е. асинхронный генератор намагничивается той же самой сетью, к-рой он отдает энергию. Последний недостаток м. б. преодолен при применении к асинхронному генератору трехфазного возбудителя (см. далее—о фазовых

компенсаторах), благодаря чему генератор может работать не только при  $\cos \varphi = 1$ , но даже и при опережающем  $\cos \varphi$ .

**6. Электрический тормоз.** Если вращать асинхронный двигатель против направления вращения поля ( $s > 1,0$ ), то он будет работать в режиме электрич. тормоза, поглощая электрическую энергию, подведенную из сети, и механич. энергию, подведенную к его валу. На круговой диаграмме эта область работы выражается отрезком круга между точками  $C$  и  $H$ , со скольжением  $s = 1,0$  и  $s = \pm \infty$  (фиг. 17, 18 и 19). Для какой-либо точки  $D$  (фиг. 19), находящейся в области тормозного режима, подведенная электрич. мощность выражается отрезком  $De'$ , момент на валу — отрезком  $Db'$  и мощность, подведенная к валу механич. путем, — отрезком  $De''$ . Если при помощи увеличения вторичного сопротивления перевести точку со скольжением  $s = 1,0$  в точку  $N$  (фиг. 18), то при скольжении, соответствующем точке  $K$ , двигатель будет развивать наибольший тормозный момент.

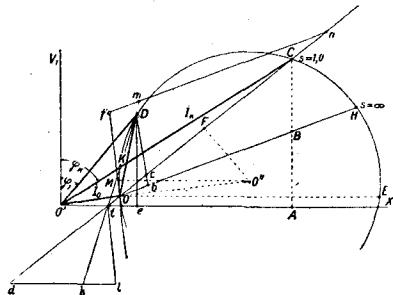
Электрич. тормоз находит себе применение напр. при торможении подъемных механизмов при спуске груза или для быстрых остановок мощных двигателей с маховиком, для чего переключением двух фаз первичной цепи можно заставить двигатель вращаться против поля.

**7. Точная круговая диаграмма.** Приближенная круговая диаграмма не содержит в себе особо значительных погрешностей и дает достаточно точный результат при применении ее к хорошим двигателям с относительно небольшим намагничивающим током и не слишком значительн. реактивными сопротивлениями  $x_1$  и  $x_2$ . Неточность этой диаграммы однако становится заметной при применении ее к мелким двигателям (напр. до 1 kW), у к-рых эти величины становятся относительно большими, благодаря чему центр круговой диаграммы  $O''$  получается не на линии  $OE$ , а несколько выше. Если исходить из точной эквивалентной схемы (фиг. 7), то конец вектора тока и в этом случае описывает окружность.

Существуют различные способы для построения точной диаграммы, например Оссана (Ossana), Лакура (La Cour) и др., но они отличаются значительной сложностью, не оправдываемой повышением точности получаемых результатов. Если при построении исходить из данных опыта холостого хода и короткого замыкания, то в этом случае производится автоматически правильное учет влияния намагничивающего контура по схеме фиг. 7, и поэтому отпадают затруднения, связанные с применением приближенной схемы фиг. 15. По этим опытам, векторы тока  $I_0$  и  $I_k$  строятся след. обр. (фиг. 20). Соединяют концы этих векторов линией  $OC$  и в ее середине  $F$  восстанавливают перпендикуляр  $FO''$ . Соединяют точки  $O'$  и  $C$  прямой и из середины  $M$  дуги  $KO$  проводят линию  $MO''$  параллельно оси абсцисс  $O'X$  до пересечения с линией  $FO''$  в точке  $O''$ , которая и будет центром круга, проходящего через точки  $O$  и  $C$ . При таком построении центр круга, по сравнению с фиг. 17, лежит выше линии  $OE$ . Это построение достаточно точно, если

$R_1 \approx R_2'$  и  $x_1 \approx x_2'$ . Дальнейшее построение весьма сходно с приведенным выше построением для приближенной диаграммы.

Полезная мощность выражается отрезком  $De$ , параллельным касательной к кругу в точке  $O$ , наклоненной вследствие повышения центра  $O''$  к вектору напряжения  $V_1$ . Для нахождения точки круга со скольжением  $s = \pm \infty$  опускают перпендикуляр из точки  $C$  для  $s = 1,0$  на ось абсцисс и отрезок  $CA$  делят на части  $CB$  и  $BA$ , пропорциональные  $R_1$  и  $R_2$ . Продолжение линии  $OB$  пересекает круг в точке  $H$  со скольжением  $s = \pm \infty$ . Момент вращения определяется отрезком  $Db$ , параллельным касательной  $Of$ . Первичная мощность выражается отрезком  $De$ . Скольжение и кпд определяются в точной диаграмме подобным же образом, как и в приближенной, с той разницей, что линии  $Of$



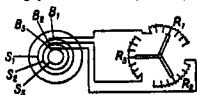
Фиг. 20.

и  $H$ , параллельные оси ординат на фиг. 17, в точной диаграмме фиг. 20 д. б. параллельны касательной к кругу в точке  $O$  холостого хода при  $s = 0$ .

**8. Пуск в ход асинхронных двигателей.** В начальный момент пуска в ход  $\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + x_2^2}}$  относительно весьма невелик, так как  $x_2$  в несколько раз больше  $R_2$ . Несмотря на то, что при пуске в ход ток в несколько раз больше нормального, вращающий момент получается непропорционально малым по сравнению с кратностью пускового тока. Введением добавочного сопротивления  $R_d$  при пуске можно одновременно уменьшить пусковой ток и увеличить  $\cos \varphi$  и пусковой момент. Если  $R_2 + R_d = x_2$ , то, согласно формуле (26), пусковой момент достигает максимального значения при снижении пускового тока приблизительно на 40%. После того как двигатель пришел во вращение и  $s < 1,0$ , величина  $R_d$  уже не соответствует значению  $M_{max}$ . Поэтому  $R_d$  при уменьшении скольжения  $s$  нужно непрерывно уменьшать, поддерживая, согласно ф-ле (26), соотношение  $R_d = sx_2 - R_2$ . Непрерывное изменение  $R_d$  в двигателе с кольцами достигается лишь посредством жидкостных реостатов, при применении же металлических реостатов изменение  $R_d$  производится ступенями. В случае ступенчатого при спуске момент достигает значения  $M_{max}$  и затем начинает снижаться. После выключения какой-либо ступени сопротивления они

снова резко возрастает до  $M_{max}$ , затем снова снижается и т. д. Фазовая обмотка ротора трехфазного асинхрон. двигателя выводится на контактные кольца  $S_1, S_2$  и  $S_3$  с наложенными на них щетками  $B_1, B_2$  и  $B_3$ , к к-рым присоединяется пусковой реостат с добавочными сопротивлениями  $R_1, R_2$  и  $R_3$  (фиг. 21).

**9. Включение и выключение асинхронных двигателей.** Асинхронные двигатели присоединяются к сети включением трехполюсного рубильника, без добавочных сопротивлений в статоре. Если ротор имеет фазовую обмотку, то сначала полностью вводят пусковой реостат ротора и затем, после



Фиг. 21.

уменьшают сопротивление ротора до полного замыкания его накоротко. Для уменьшения сопротивления вторичной цепи при работе и уменьшения потерь на трение щеток о контактные кольца обыкновенно двигатели имеют приспособления для замыкания накоротко ротора на ходу, после чего щетки поднимаются. В высоковольтных двигателях с напряжением выше 3 000 В усиливается изоляция первых витков, соединенных с выходными зажимами, так как при включении напряжение распространяется по обмотке не мгновенно, а с нек-рой конечной скоростью; поэтому первый виток в момент включения может получить полное напряжение, в то время как при нормальной работе напряжение распределяется равномерно между всеми витками.

В отличие от обычных двигателей, для защиты высоковольтных двигателей при включении применяют ступенчатые выключатели, при помощи к-рых между сетью и статором предварительно включается омическое или реактивное сопротивление, к-рое затем замыкается накоротко. Кроме того до включения статора нужно ввести в ротор полное сопротивление пускового реостата, к-рый поэтому в случае высоких напряжений обычно делается без холостого контакта. При выключении двигателя сначала вводится все сопротивление пускового реостата, после чего узко отключается от сети статор. Благодаря этим мерам уменьшаются перенапряжения в обмотке статора.

Если ротор имеет короткозамкнутую обмотку, выдерживающую пусковой ток при полном напряжении, то он включается в сеть простым включением статора. В момент включения вращающееся поле двигателя создается не мгновенно, но путем нек-рого переходного режима. В период этого переходного режима получается неподвижное поле  $\Phi_n$ , которое затухает согласно ур-ню

$$\Phi_n = -\Phi e^{-\alpha_1 t}, \quad (42)$$

где  $\Phi$ —амплитуда вращающегося поля и  $\frac{1}{\alpha_1}$  равна постоянной времени кривой затухания. В момент включения  $t = 0$ , и поэтому  $\Phi_n = -\Phi$ , т. е. неподвижное поле  $\Phi_n$  равно амплитуде вращающегося поля  $\Phi$ . Если пусть двигатель в ход, выключить и затем снова включить его статор при почти полной скорости ротора, то в этом случае

поле  $\Phi_n$  индуцирует в роторе ток, силу

$$I_{r.} \approx \frac{V_1}{\sqrt{R_1^2 + X_1^2}}, \quad (43)$$

где  $V_1$ —первичное напряжение, приведенное к вторичной цепи. Если приведенные сопротивления  $R_1$  и  $X_1$  приблизительно равны сопротивлениям  $R_2$  и  $X_2$ , то толчок тока будет приблизительно в два раза больше, чем при нормальном коротком замыкании. На фиг. 22 представлены осциллограммы тока ротора и статора при таком включении.



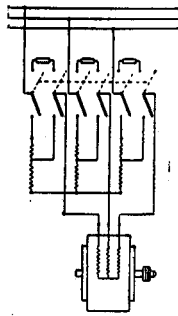
Фиг. 22.

**10. Особые способы пуска короткозамкнутых двигателей.** а) Переключение со звезды на треугольник (фиг. 23). При нормальной работе 3 фазы соединяются в тр-к, а при пуске в ход он с помощью переключателя  $U$  соединяются на звезду. Благодаря этому напряжение на конках каждой фазы и ток в ней уменьшаются в отношении 1 :  $\sqrt{3}$ . Т. к. пусковой момент, согласно Ф-ле (24в), пропорционален квадрату потока  $\Phi^2$ , то при звезде он получается в три раза меньшим, чем при тр-ке; сила тока из сети при звезде получается также в три раза меньшей, чем при тр-ке. Этот способ дает возможность переключением на звезду при малых нагрузках получить более благоприятные условия работы двигателя в отношении кид и  $\cos \varphi$ , чем при тр-ке (см. далее — о регулировании скорости изменением частоты и напряжения).

б) Пуск в ход при помощи автотрансформатора. Автотрансформатор (фиг. 24) дает воз-



Фиг. 23.



Фиг. 24.

можность, подобно переключателю со звезды на тр-к, уменьшать одновременно пусковой ток и момент; но, в то время как первый имеет определенное отношение между величинами пускового и рабочего положений, автотрансформатор позволяет изменять это отношение произвольным образом. Назовем через  $I_a$  силу тока в статоре, а через  $I_1$  и  $V_1$ —силу тока и напряжения сети. Фазовое напряжение на зажимах двигателя при пуске д. б. равно

$$V_a = V_1 \cdot \frac{I_a}{I_n}, \quad (44)$$

где  $I_n$ —сила тока короткого замыкания при напряжении  $V_1$ . При отсутствии потерь

$$3V_1 I_1 \cos \varphi_n = 3 \left( V_1 \frac{I_a}{I_n} \right) I_a \cos \varphi_n, \quad (45)$$

откуда

$$I_1 = \frac{I_a^2}{I_n}, \quad (46)$$

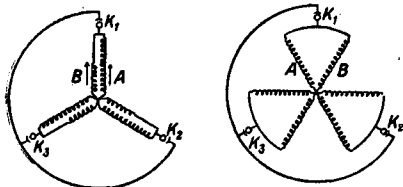
Задаваясь значением одной из величин тока

$I_1$  или  $I_a$ , можно определить другую, а также передаточное отношение автотрансформатора:

$$\frac{I_k}{I_a} = \frac{w_1 + w_2}{w_2}, \quad (47)$$

где  $w_1$  и  $w_2$  — числа витков первичной и вторичной цепи автотрансформатора. Вращающий момент двигателя будет уменьшаться пропорционально уменьшению тока из сети.

в) С п о с о б Г е р г е с а (Georges). Каждая роторная фаза по этому способу выполняется из двух частей,  $A$  и  $B$ , с различными числами витков, к-рые при пуске в ход являются включенными друг против друга (фиг. 25) т. о., что действующей является

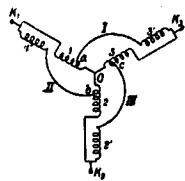


Фиг. 25.

только разница индуктированных в них эдс. Обе части обмотки,  $A$  и  $B$ , уложены в одни и те же пазы и имеют провода одного сечения. Благодаря получающемуся увеличенному активному и уменьшенному реактивному сопротивлению двигатель при пуске развивает увеличенный начальный момент.

При достижении двигателем около 70—85% своей синхронной скорости происходит замыкание накоротко зажимов  $K_1-K_2-K_3$  при помощи центробежного замыкателя. Двигатели Гёргеса строятся заводом «Электросила» до 85 kW.

г) С п о с о б Ш е н ф е р а. Этот способ представляет модификацию способа Гёргеса. На фиг. 26 представлена одна из предложенных им схем. Каждая фаза состоит из двух частей с равными числами витков, заложённых в одни и те же впадины. В цепи  $I$  «0-а-3'-3» действует только эдс, создаваемая частью обмотки  $Oa$ , так как эдс частей 3 и 3' взаимно уравновешиваются. Так как ток



Фиг. 26.

вления, то реактивное сопротивление цепи получается сильно уменьшенным, а активное — увеличенным, благодаря чему двигатель развивает большой пусковой момент. При достижении определенной скорости, некоторые точки обмотки, напр.  $K_1-K_2-K_3$ , замыкаются центробежным выключателем накоротко на рабочее положение. Двигатель в 44 kW, выполненный по этой схеме, развивал при пуске 1,04 от номинального момента при кратности 1,67 пускового тока по отношению к нормальному. Если же пускать его при выключении по рабочей схеме, то при кратности пускового тока 2,77 он развивает всего 0,81 от номинального момента.

д) Система Бушера (Boucherot). Для улучшения условий пуска Бушера разработал (с 1894 по 1900 г.) конструкцию короткозамкнутого асинхронного двигателя с весьма хорошими пусковыми и достаточно удовлетворительными рабочими характеристиками. Двигатель Бушера имеет на роторе две величайшие клетки. Первая клетка, расположенная у поверхности воздушного зазора, имеет большое активное и относительно малое реактивное сопротивление, благодаря чему двигатель развивает при пуске большой вращающий момент. Вторая клетка, малого активного сопротивления, расположена значительно дальше от поверхности ротора и поэтому имеет большое реактивное сопротивление, благодаря чему при пуске она пропускает через себя относительно небольшой ток и развивает незначительный момент. При вращении двигателя частота  $f$  и реактивные сопротивления вторичной цепи уменьшаются. При приближении к частоте скольжения номинальной нагрузки реактивные сопротивления становятся ничтожными по сравнению с активными, и нижняя клетка благодаря меньшему активному сопротивлению берет на себя главную часть вторичного тока и создает основную часть вращающего момента. Верхняя клетка при нормальной работе автоматически выключается из действия. Благодаря малому активному сопротивлению нижней клетки джоулевы потери вторичной системы весьма невелики, и поэтому кид двигателя Бушера не уменьшается по сравнению с кид нормального асинхронного двигателя.

Недостатком двигателя Бушера является уменьшенный на несколько %  $\cos \varphi$  по сравнению с  $\cos \varphi$  нормального двигателя, что получается благодаря повышенному реактивному сопротивлению нижней клетки. Уменьшение  $\cos \varphi$  двигателя Бушера по отношению к  $\cos \varphi_a$  исходного асинхронного двигателя м. б. выражено для двигателей завода «Электросила» следующей приближенной формулой:

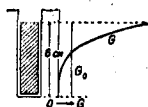
$$\cos \varphi_b = \frac{6 \cos \varphi_a - 1}{5}.$$

З-дом «Электросила» выполняются двигатели с номинальным, полугорным и двойным пусковыми моментами. Приближенное соотношение между пусковым моментом  $M_n$  и пусковым током  $I_n$ , м. б. выражено следующим образом:

$M_n$ : $M_n$	$I_n$ : $I_n$
1,0	3,2—3,5
1,5	3,5—3,8
2,0	4,5—5,0

е) Двигатель с глубокими пазами. Этот двигатель имеет в своей основе тот же принцип, что и двигатель Бушера, но конструктивно выполняется в виде одной величайшей клетки. Благодаря высокому проводнику ротора, утопленным в глубоких и узких пазах, в них развиваются значительные токи Фуко. Коэф.  $K_a$ , равный отношению активного сопротивления проводника к омическому, весьма сильно возрастает, благодаря чему двигатель развивает большой пусковой момент. На фиг. 27 представлено распределение эффективной плотности тока  $G$  по высоте проводника в 6 см, заложённого

в глубокий паз, и средняя плотность тока в нем при постоянном токе  $G_0$ . При частоте  $f_1 = 50$  пер/сек. и высоте  $h = 1$  см,  $K_a = 1,1$ ; при той же частоте и  $h = 2,5$  см,  $K_a = 2,55$ . После



Фиг. 27.

того как двигатель достигнет номинальной скорости, частота в его роторе становится ничтожной, и  $K_a \approx 1,0$  даже при высоком пазе, благодаря чему двигатель имеет высокий коэффициент полезного действия. Двигатели эти строятся фирмами SSW, GEC и другими.

II. Регулирование скорости асинхронного двигателя. а) Регулирование скорости изменением частоты и напряжения. Скорость двигателя при нормальных условиях его работы определяется частотой  $f_1$ . При питании двигателя от специального генератора (синхронного или коллекторного) имеется возможность изменять как частоту  $f_1$ , так и напряжение  $V_1$  на его зажимах. В этом случае для различных моментов на валу  $M$  можно получить идеальные условия, если изменять напряжение  $V_1$  в случае относительно ненасыщенного двигателя по следующей зависимости:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{f_2}{f_1} \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad (48)$$

Здесь  $V_2$  и  $M_2$  — величины, соответствующие частоте  $f_2$ , а  $V_1$  и  $M_1$  — соответствующие частоте  $f_1$ . Если скорость связана определенной зависимостью с моментом на валу, то этим задается определенная зависимость напряжения от частоты. Например при  $M = \text{Const}$ :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{f_2}{f_1}; \quad (48a)$$

при  $\frac{M_2}{M_1} = \frac{f_2}{f_1}$ :

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{f_2}{f_1}}; \quad (48b)$$

при  $\frac{M_2}{M_1} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2$ :

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2. \quad (48в)$$

При указанной регулировке двигатель для различных скоростей будет работать при практически постоянных  $\cos \varphi$ , кпд, абсолютном скольжении  $n_c$ ,  $n_p$ , и перегрузочной способности  $\frac{M_{max}}{M_n}$ . Если двигатель должен работать при постоянной частоте  $f_1$  и различных моментах на валу, то для получения наилучших условий его работы в отношении кпд и  $\cos \varphi$  нужно регулировать напряжение на его зажимах по следующей зависимости:

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad (48г)$$

В частном случае, при возможности переключения с тр-ка на звезду, двигатель при звезде дает практически те же условия работы, что и при тр-ке, если момент на валу будет в три раза меньше. Т. к. при питании от общей сети напряжение  $V_1$  и частота  $f_1$  являются неизменными, то в этом случае указанный способ регулирования скорости изменением частоты и напряжения является неприменимым.

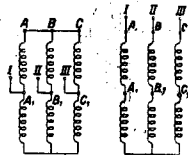
б) Регулирование скорости в роторе. Схема такого регу-

лирования ничем не отличается от схемы пуска посредством ростоата в роторе (фиг. 21). В этом случае применяются проволочные или водяные ростоаты, рассчитанные на более длительную работу. Если при регулировке момент остается постоянным, то ток ротора также не меняется, поэтому скорость двигателя будет зависеть от величины добавочного сопротивления. Этот способ аналогичен регулировке скорости шунтового двигателя при помощи ростоата в цепи якоря. Если при введении добавочного сопротивления момент на валу изменяется, то изменяется и вторичный ток. В этом случае при холостом ходе скорость будет близка к синхронной, а при нагрузке начнет сильно уменьшаться; поэтому асинхронный двигатель с сопротивлением в роторе дает характеристику изменения скорости, сходную с последовательным или сильно компаундированным двигателем постоянного тока. Данный способ регулировки применяется в подъемниках, лифтах, прокатных станах и т. п. Мощность, поглощенная в добавочном сопротивлении, является потерянной, и потому способ этот является весьма неэкономичным.

в) Регулирование скорости переключением числа полюсов. Синхронная скорость двигателя определяется соотношением (1):

$$n_c = \frac{60f_1}{p};$$

поэтому, изменяя число полюсов, можно изменять в обратном отношении и скорость. Переключение числа полюсов м. б. достигнуто следующими способами: 1) получением двух различных чисел полюсов переключением одной и той же обмотки статора, 2) устройством на статоре двух обмоток на разные числа полюсов и 3) совместной комбинацией предыдущих способов. В двигателях с большей клеткой переключения числа полюсов производится только на статоре, в двигателях же с фазовым ротором необходимо производить переключение и на роторе. Наиболее просто производится переключение по первому способу для отношений чисел полюсов 2 : 1 по системе Даландера (Dahlander). Обмотка в этом случае выполняется по типу нормальной катушечной (фиг. 2), с полюсным делением, соответствующим большому числу полюсов. Каждая фаза состоит из двух частей, к-рые соединяются звездой параллельно при малом числе полюсов  $p$  и последовательно — при большом числе полюсов  $2p$  (фиг. 28). Максимальный момент при  $2p$  полюсах получается приблизительно в 2 раза меньшим, чем при  $p$  полюсах, а максимальная мощность — в 4 раза меньшей.

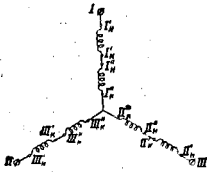


Фиг. 28.

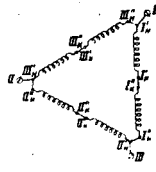
Если выполнить на статоре разрезанную обмотку постоянного тока по схеме SSW, то при включении ее по схеме фиг. 29а получается  $2p$  полюсов, а по схеме фиг. 29б —  $p$  полюсов. На фиг. 30 представлена схема такой обмотки для переключения чисел полюсов: с  $2p = 8$  на  $2p = 4$ . По сравнению с обмоткой

Даландера обмотка SSW имеет то преимущество, что она позволяет иметь один и тот же момент для обоих чисел полюсов.

Если выполнить на статоре две независимые обмотки с переключающимся числом полюсов, то можно получить 4 скорости,



Фиг. 29а.



Фиг. 29б.

напр.: 1500, 750, 1000 и 500 об/м. Двухфазные обмотки SSW позволяют выполнять переключение с другими отношениями чисел полюсов, напр.: 2:3, 3:4, 5:6 и т. п.

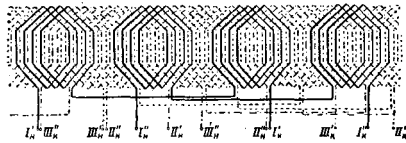
г) Принцип экономичного регулирования скорости. Многофазный асинхронный двигатель устанавливает в пределах нормальной нагрузки такое скольжение, при к-ром его вторичная эдс покрывает падения напряжения этой цепи:

$$sE_2 = I_2 \sqrt{R_2^2 + (sZ_2)^2} \approx I_2 R_2. \quad (8a)$$

При постоянном приложенном напряжении и заданном моменте на валу величина вторичного тока является практически вполне определенной:

$$I_2 = \frac{M}{k\Phi \cos\varphi_2} \approx \frac{M}{k\Phi} \approx \text{Const}. \quad (22b)$$

Для экономичного регулирования скорости двигателя с сохранением шунтовой характеристики (т.е. незначительного изменения скорости от холостого хода до полной нагрузки) можно применить введение в цепь вторичной системы добавочной эдс, частота к-рой должна автоматически совпадать с частотой  $f_2$  двигателя при всех изменениях его нагрузки. Наличие этой эдс вызывает появление добавочного тока, изменяющего величину тока вторичной системы. Благодаря этому нарушается равновесие между моментом, приложенным к валу, и моментом, создаваемым взаимодействием вторичного тока  $I_2$  и потока  $\Phi$ , вследствие чего двигатель начинает изменять свою скорость, и это изменение происходит до тех пор, пока не будет достигнуто новое положение равновесия между этими моментами при прежней величине тока  $I_2$ .



Фиг. 30.

Т. к. сопротивление вторичной цепи остается весьма незначительным, то потери вторичной цепи при данной величине тока сохраняются неизменными. Поэтому работа двигателя получается весьма экономичной при всех изменениях скорости, так как мощность скольжения, создаваемого введением доба-

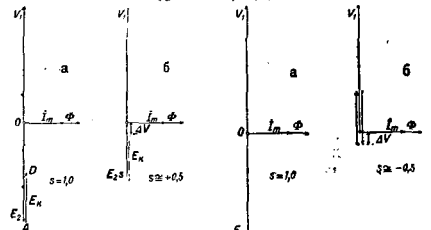
вочной эдс, напр. от посторонней машины или добавочной обмотки, переходит к последней и м. б. использована тем или иным способом.

Предположим, что при неподвижном двигателе ( $s=1,0$ ) вторичная эдс  $E_2 = \overline{OA}$  (Фиг. 31) и в эту же цепь добавлена эдс  $E_k = \overline{AD}$ , равная  $1/2 \overline{OA}$  и сдвинутая от нее по фазе на  $180^\circ$ . Равнодействующая  $\overline{OD} = \overline{OA} - \overline{AD}$  вызовет в системе значительный ток, и двигатель придет во вращение. Если двигатель не имеет момента, приложенного к валу (холостой ход), то он достигнет равновесия при  $sE_2 \approx E_k$ , т. е. когда  $s \approx +0,5$ . Ничтожная разница между эдс  $sE_2$  и  $E_k$  будет покрывать падение напряжения от тока холостого хода вторичной системы. Под нагрузкой эта разность

$$\Delta V_2 = s\overline{E_2} - E_k = I_2 \cdot Z_2$$

будет покрывать падение напряжения от тока  $I_2$ , определяемого приложенным моментом по Фле 22б.

Предположим теперь, что эдс  $E_k = \overline{AD} = 1/2 \overline{OA}$  совпадает по фазе с  $E_2$ ; тогда, при  $s=1,0$ , результирующая эдс будет равна  $\overline{OD} = \overline{OA} + \overline{AD}$  (Фиг. 32). Двигатель начнет



Фиг. 31.

Фиг. 32.

вращаться и достигнет равновесия, т. е.  $sE_2 \approx E_k$ , при скольжении  $s \approx -0,5$ , т. е. при скорости выше синхронной. Т. о. изменяя эдс  $E_k$  по величине и направляя ее навстречу или на совпадение с эдс  $sE_2$ , можно заставить асинхронный двигатель работать экономично при любых скоростях в заданных пределах выше- и нижесинхронной скорости. Если, как в данном примере,  $E_k \leq \pm E_2 \cdot 0,5$ , то изменение скорости может происходить в пределах 50% ниже- и выше синхронной скорости. Добавочная электродвижущая сила  $E_k$  может получаться от добавочной обмотки или трансформатора (см. Коллекторные машины) или от специальной коллекторной машины, приключенной к кольцам ротора. Изменяя число витков добавочной обмотки или трансформатора или возбуждение коллекторной машины, можно изменять эдс  $E_k$  и т. о. получать желаемую регулировку скорости. На каждой ступени регулирования двигатель будет весьма мало изменять свою скорость от холостого хода до полной нагрузки, имея в этом отношении сходство с шунтовым двигателем постоянного тока.

д) Влияние величины и знака скольжения на  $\cos\varphi$ . В асинхронном двигателе реактивное сопротивление  $sZ_2$  вы-

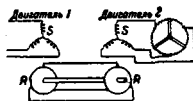
зывает отставание тока  $I_1$  от эдс  $E_{22}$ , вследствие чего возрастает реактивная составляющая первичного тока  $I_1 \sin \varphi_1$  и ухудшается  $\cos \varphi_1$  машины. Если при помощи добавочной эдс  $E_k$  уменьшить скорость двигателя, то реактивное сопротивление  $sZ_2$  при том же моменте на валу и том же вторичном токе сильно возрастет по отношению к активному  $R_2$ , благодаря чему уменьшится

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (sZ_2)^2}}, \text{ а вместе с ним и } \cos \varphi_1.$$

Т. о. двигатель при синхронной скорости будет работать при одинаковом моменте на валу с более низким  $\cos \varphi_1$ , чем при нормальных условиях без добавочной эдс  $E_k$ . Если же при помощи этой эдс перевести его на вышесинхронную скорость  $s < 0$ , то при двигательном режиме знак момента и тока  $I_2$  сохраняется, но знак реактивного сопротивления  $-sZ_2$  изменяется на обратный. Благодаря этому реактивное сопротивление  $-sZ_2$  вызывает сдвиг первичного тока  $I_1$  в сторону опережения, т. е. это сопротивление начинает в этом случае играть роль емкости, улучшая  $\cos \varphi$  двигателя. При вышесинхронной скорости двигатель, с увеличением нагрузки от холостого хода, может начать уменьшать реактивную составляющую первичного тока  $I_1 \sin \varphi_1$ , а не увеличивать ее, как это бывает при обычных условиях работы двигателя. После того как возрастание нагрузки заставит двигатель перейти через синхронную скорость  $s = 0$  и он начнет работать далее при нижесинхронной скорости  $s > 0$ , это благоприятное влияние вторичного реактивного сопротивления уже исчезает, и оно вызывает соответствующее уменьшение  $\cos \varphi$ . При работе асинхронной машины с добавочной эдс  $E_k$  выше- и нижесинхронной скорости в генераторном режиме, реактивное сопротивление вторичной цепи, благодаря изменению знака тока  $I_2$  на обратный, оказывает противоположное влияние на  $\cos \varphi_1$ . В этом случае при нижесинхронной скорости реактивное сопротивление вторичной цепи увеличивает  $\cos \varphi_1$ , а при вышесинхронной уменьшает его.

Описанное выше свойство асинхронных двигателей имеет существенное значение для понимания характера круговых диаграмм компенсированных и коллекторных шунтовых двигателей, а также каскада, соединения асинхронного двигателя и коллекторной машины.

е) Каскадное соединение двух асинхронных двигателей. В этом случае во вторичную систему первого двигателя добавляется обратная эдс от второго двигателя. Т. к. оба двигателя работают на общий вал, то энергия скольжения



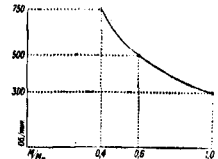
Фиг. 33.

первого двигателя является полезно использованной, и потому система дает хотя и ступенчатую, но достаточно экономичную регулировку скорости. При каскадном соединении оба двигателя д. б. соединены и электрически и механически (фиг. 33). Синхронная скорость каскада равна

$$n_{c.k.} = \frac{60f_1}{p_1 + p_2},$$

где  $p_1$  и  $p_2$ —числа пар полюсов двигателей.

Двигатель, присоединенный к сети, работает со скольжением  $s = \frac{p_2}{p_1 + p_2}$ ; поэтому подведенная к нему мощность  $P_1$  при пренебрежении потерями м. б. преобразована в части  $P_1 \cdot \frac{p_1}{p_1 + p_2}$  в механическую, а в части  $P_1 \cdot \frac{p_2}{p_1 + p_2}$  в электрическую, которая вторым двигателем превращается также в механическую энергию на общий вал. Благодаря этому два двигателя в каскаде могут развивать ту же мощность  $P_1$ , что и один двигатель, т. е. каскад работает при постоянной мощности. Если двигатели имеют одинаковую мощность, но разное



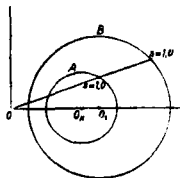
Фиг. 34.

число полюсов, то они дают возможность получать три ступени скорости: две, соответствующие их синхронным скоростям

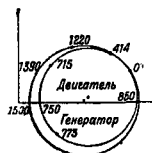
$$n_{c.1} = \frac{60f_1}{p_1} \text{ и } n_{c.2} = \frac{60f_1}{p_2}, \text{ и одну для каскада.}$$

$n_{c.k.} = \frac{60f_1}{p_1 + p_2}$ . На фиг. 34 представлена зависимость вращающего момента от скорости для двух двигателей с числами полюсов  $p_1 = 6$  и  $p_2 = 4$ . Если выполнить кроме того каждый из двигателей на два различных числа полюсов, то число ступеней скорости м. б. еще более увеличено.

Т. к. частота  $f_2$  и напряжение  $V_2$  для второго двигателя ниже  $f_1$  и  $V_1$  для первого двигателя в  $\frac{p_2}{p_1 + p_2}$  раз, то поток  $\Phi$  и намагничивающий ток второго двигателя приблизительно равны этим же величинам для первого. Намагничивающие токи обоих двига-



Фиг. 35.

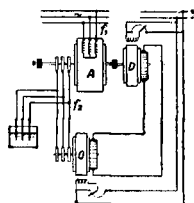


Фиг. 36.

телей доставляются сетью, питающей первый двигатель, поэтому намагничивающий ток каскада приблизительно в два раза больше, чем для одного двигателя. При каскадном соединении двух двигателей их эквивалентные реактивные сопротивления оказываются соединенными последовательно, поэтому диаметр круговой диаграммы, обратно пропорциональный, по ф-ле (30), сумме реактивных сопротивлений, оказывается соответственно уменьшенным. На фиг. 35 представлены круговые диаграммы одного двигателя B и двух, соединен в каскад A; из диаграммы видно, что перегрузочная способность и  $\cos \varphi$  каскада меньше, чем одного двигателя. На фиг. 36 представлены экспериментальные круговые диаграммы каскада для двух двигателей: с числами полюсов  $2p = 4$ . Цифры на диаграмме соответствуют скоростям агрегата. Каскадные соединения находят себе при-

менение например при электрической тяге двигателями трехфазного тока.

ж) Каскадное соединение асинхронного двигателя и однокоряного преобразователя (сист. Кремера, фиг. 37). Ротор главного асинхронного двигателя *A* соединен в этом случае с контактами колесами стороны переменного тока однокоряного преобразователя *O*, статора постоянного тока *K*-рого соединена с коллектором двигателя постоянно-го тока *D*, механически связанным с валом главного двигателя *A*. Однокоряный преобразователь и двигатель постоянного тока получают возбуждение от независимой цепи постоянного тока. При изменении



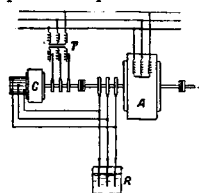
Фиг. 37.

двигателя *D* изменяется его напряжение. Между этим двигателем и преобразователем *O* устанавливается уравнивающий ток, изменяющий момент двигателя *D*. Вследствие этого нарушается равновесие между моментом, приложенным к валу, и суммой моментов, даваемых двигателями *A* и *D* на валу агрегата. Последний начинает изменять свою скорость, благодаря чему изменяются одновременно и частота  $f_2$  на кольцах преобразователя *O* и его скорость. В результате этих изменений система приходит к новому равновесному положению. Таким образом каждому значению силы тока возбуждения двигателя *D* соответствует некоторая определенная скорость агрегата. Эта система дает возможность регулировать скорость главного двигателя *A* в пределах от 4—5 до 40—45% ниже его синхронной скорости. Двигатель *D* должен быть рассчитан приблизительно на мощность максимального скольжения главного двигателя *A*; таким образом при 30% регулировки он должен иметь мощность 0,3 от мощности двигателя *A*. Однокоряный преобразователь в этом случае рассчитывается также на мощность 0,3 от мощности главного двигателя *A* при соответствующем числе периодов  $f_2 = 0,3f_1$ . Система Кремера строится почти всеми крупными электротехническими фирмами. В СССР эта система выполняется Харьковским электромеханическим заводом.

Т. к. в системе Кремера мощность скольжения главного двигателя используется при помощи двигателя *D*, механически соединенного с валом главного двигателя, то эта система дает наилучшее использование всего агрегата при работе его с постоянной мощностью на валу, хотя конечно в случае необходимости система Кремера может быть использована и для работы с постоянным моментом на валу. В этом случае при малых скоростях агрегат оказывался бы неиспользуемым; поэтому обычно применяется система, в которой двигатель постоянного тока соединяется не с валом главного двигателя, а с асинхронной машиной, работающей в режиме генератора при скорости приблизительно постоянной, причем энергия скольжения возвращается в первичную цепь.

з) Каскадное соединение асинхронного двигателя с преобразователем частоты. Преобразователь частоты состоит из якоря, обмотка которого соединена с одной стороны с коллектором, а с другой стороны с контактными кольцами. Если к кольцам такого двухполюсного якоря подвести напряжение  $V_1$  многофазного тока с частотой  $f_1$  и вращать якорь с числом  $f_2$  об/сек., то число периодов на щетках коллектора будет равно  $f_m = f_1 \pm f_2$ . Знак (+) соответствует направлению вращения якоря в направлении вращения поля относительно него, а знак (—) — обратному направлению. В последнем случае, при  $f_1 = f_2$ ,  $f_m = 0$ , т. е. на коллекторе получается постоянный ток. Напряжение на коллекторе будет равно напряжению на контактных кольцах при любых соотношениях частот  $f_1$  и  $f_m$ . Для изменения напряжения на коллекторе нужно изменять напряжения на кольцах. Статор преобразователя частоты не имеет обмотки и служит только магнитопроводом для поля якоря. Статор может даже отсутствовать и быть замененным железным кольцом, надетым на якорь и вращающимся вместе с ним.

Преобразователь частоты *C* (фиг. 38) дает возможность преобразовывать энергию частоты скольжения главного двигателя *A* в энергию частоты сети, возвращая ее обратно в первичную сеть, для чего он д. б. соединен на одном валу с главным двигателем *A*. Если при помощи трансформатора *T*, питающего кольца преобразователя *C*, уменьшить напряжение на коллекторе до величин, достаточной только для покрытия омич. падения напряжения в роторе главного двигателя *A*, то последний достигает своей синхронной скорости, получая от преобразователя постоянный ток. При изменении с помощью того же трансформатора *T* знака напряжения на коллекторе на 180° двигатель может переходить со скорости нижесинхронной на высесинхронную и обратно. Правильный



Фиг. 38.

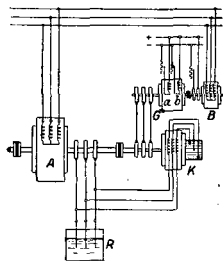
уголсдвига фаз между эдс ротора двигателя *A* и напряжением, даваемым преобразователем частоты *C*, устанавливается поворотом щеток на коллекторе. Схема фиг. 38 дает возможность изменять скорость двигателя приблизительно до 10% выше и ниже его синхронной скорости. Более высокая степень регулировки затрудняется тяжелыми условиями коммутации преобразователя частоты.

Система дает правильные условия использования асинхронного двигателя при работе его с постоянным моментом на валу и в таком виде выполняется фирмами AEG, Thomson Houston и др. Если же энергию скольжения передать с колец преобразователя частоты на синхронный двигатель, который соединен механически с главным двигателем, то система дает регулировку скорости при постоянной мощности. В таком виде она выполняется фирмой Westinghouse.



и) Каскадное соединение асинхронного двигателя с коллекторной компенсированной машиной с роторным возбуждением, системы Кожисека (Kozisek). Если в схеме фиг. 38 заменить преобразователь частоты трехфазной коллекторной компенсированной машиной с возбуждением на роторе, то эта машина при нижесинхронной скорости главного двигателя будет работать в режиме двигателя, а при вышесинхронной скорости — в режиме генератора. Благодаря этому весь агрегат дает наилучшее использование при работе с постоянной мощностью на валу. В коллекторной компенсированной машине щетки занимают вполне определенное место на коллекторе; поэтому регулировка фазы добавочной эдс по отношению к вторичной эдс двигателя достигается особым трансформатором фаз в виде асинхронного двигателя с заторможенным ротором (см. ниже — о потенциальном регуляторе).

В отличие от схемы с преобразователем частоты здесь через контактные кольца проходит лишь незначительный намагничивающий ток, необходимый для возбуждения коллекторной машины. При более мощных установках желательно иметь на кольцах коллекторной машины частоту более низкую, чем в первичной цепи, т. к. в этом случае можно получить несколько более высокое напряжение на коллекторе. В этом случае возбуждающий ток для коллекторной машины  $K$  получается от специального синхронного генератора — возбудителя  $G$ , приводимого во вращение синхронным двигателем  $B$  (фиг. 39). Синхронный возбудитель



Фиг. 39.

выполняется с неподвижными полюсами и вращающимся якорем и имеет на статоре две обмотки возбуждения  $a$  и  $b$ , сдвинутые в пространстве на 90 электрич. градусов. Регулируя ток в одной обмотке возбуждения, можно изменить скорость главного двигателя, при регулировке второй обмотки изменяется

лишь фаза добавочного напряжения и вместе с ней  $\cos \varphi$  главного двигателя.

Схема Кожисека дает возможность регулировать скорость мощн. асинхронных двигателей до 10% выше- и нижесинхронной скорости. Эта схема выполняется фирмой SSW.

к) Каскадное соединение асинхронного двигателя с компенсированной коллекторной машиной с возбуждением на статоре (сист. Шербиуса). В данной схеме применяется трехфазная компенсированная коллекторная машина Шербиуса с явно выраженными полюсами и возбуждением на статоре. Эта машина соответствует машине постоянного тока, которая имеет на каждом двойном полюсе деления три явно выраженных полюса, возбуждаемых трехфазным

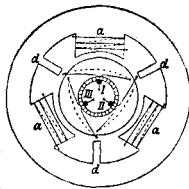
током. Шаг обмотки ротора равен 120 электрическим градусам вместо 180°; поэтому оба коммутируемых в фазе вытк как верхний, так и нижний, попадают в пространство между главными полюсами  $a$  под коммутирующее поле добавочного полюса  $d$  (фиг. 40). Машина имеет последовательные и шунтовые добавочные полюса, поэтому она имеет совершенную коммутацию при изменении как нагрузки, так и частоты и напряжения.

Установка по схеме Шербиуса, видоизмененная для получения вышесинхронной скорости фирмой GEC, представлена на фиг. 41. Здесь  $A$  — главный асинхронный двигатель,  $K$  — коллекторная машина Шербиуса,  $M$  — асинхронная машина, соединенная на одном валу с машиной  $K$ ,  $C$  — преобразователь частоты,  $T$  — трансформатор, питающий кольца преобразователя  $C$ , и  $R$  — пусковой реостат. Напряжение от колец двигателя  $A$  через секционированный автотрансформатор  $t$  подводится к шпунтовой обмотке возбуждения коллекторной машины  $K$ . Каждому ответвлению автотрансформатора  $t$  соответствует определенный ток возбуждения и определенное напряжение коллекторной машины  $K$  и следовательно некая определенная скорость двигателя  $A$ . При синхронной скорости напряжение на кольцах двигателя  $A$  равно нулю; поэтому машина  $A$  теряет возбуждение от колец двигателя  $A$ . Для перехода через синхронизм служит преобразователь частоты  $C$ , дающий необходимое возбуждение коллекторной машине  $K$  для работы при синхронной скорости и вблизи нее.

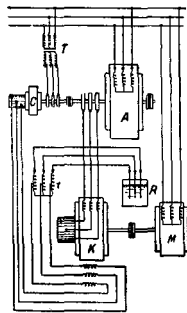
Система Шербиуса GEC дает возможность регулировать скорость двигателя до 25% выше- и нижесинхронной скорости. Выполняется эта система фирмами BBC и GEC.

## 12. Регулирование $\cos \varphi$ асинхронного двигателя. а) Принцип регулирования

Если добавочная эдс  $E_k$  сдвинута от основной эдс  $sE_2$  на 90°, то вызываемый ею ток  $I_{2k}$  совпадает по фазе или направлен навстречу магнитн. потоку  $\Phi$  (т. е.  $\sin(I_{2k}, \Phi) = 0$ ), поэтому, согласно формуле (22а), не может вызвать вращающего момента и изменения скорости. Так как при  $V_1 = \text{const}$  и поток  $\Phi \sim \text{const}$ , то добавочная мдс, созданная током  $I_{2k}$ , не может вызвать изменения  $\Phi$ , требующего для своего поддержания некой определенной мдс. Наличие добавочной мдс вызывает лишь соответствующее увеличение или уменьшение мдс, создаваемой током первичной системы. Т. обр. вторичная цепь, создавая в первичной цепи добавочную



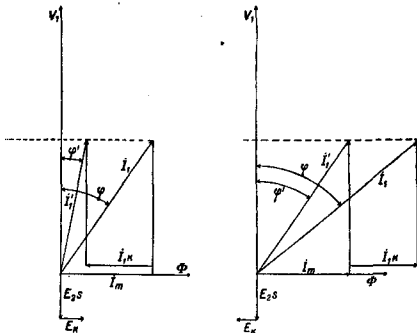
Фиг. 40.



Фиг. 41.

составляющую реактивного тока  $I_{ix}$ , к-рая или совпадает с намагничивающим током  $I_m$  (фиг. 42) или сдвинута относительно него на  $180^\circ$  (фиг. 43). В первом случае намагничивающий ток, доставляемый первичной цепью, уменьшается, а  $\cos \varphi$  двигателя улучшается, во втором же случае  $\cos \varphi$  ухудшается.

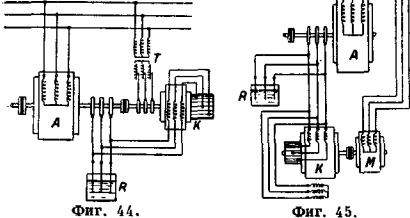
б) Фазовые компенсаторы или возбуждители асинхронного двигателя. Добавочная эдс, сдвинутая от осевой на  $90$  электрич. градусов, м. б.



Фиг. 42.

Фиг. 43.

получена в системах, подобных применяемым для регулировки скорости, с помощью соответствующей регулировки сдвига фаз между этими эдс. Так как эта добавочная эдс должна преодолевать практически лишь активное сопротивление вторичной цепи двигателя, вызывая в ней необходимую намагничивающую мдс, то эта добавочная эдс может быть создана в весьма малой по своим размерам машине. Т. о. преобразователь частоты и коллекторные машины по системе Кожисека и Шербиуса м. б. использованы в качестве возбуждателей или т. н. фазовых компенсаторов для асинхронных двигателей. Т. к. при этих применениях вышеописанных систем отсутствует необходи-

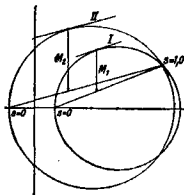


Фиг. 44.

Фиг. 45.

мость в получении регулировки скорости, то системы эти в своем выполнении получают-ся значительно проще, будучи предназначенны только для режима работы при одной скорости. Изменение нагрузки в этом случае не вызывает необходимости в дополнительной регулировке. На фиг. 44 представлена схема SSW, выполняемая по системе Кожисека, а на фиг. 45—схема с шунтовым фазовым

компенсатором, выполняемая фирмой ВВС по системе Шербиуса. Эти системы дают возможность асинхронному двигателю работать по круговой диаграмме с увеличенным диаметром. Благодаря этому вместе с улучшением  $\cos \varphi$  одновременно достигается и увеличение перегрузочной способности двигателя, что в нек-рых случаях (напр. при прокатных станах) может иметь особо важное значение. На фиг. 46 представлены круговая диаграмма I—для асинхронного

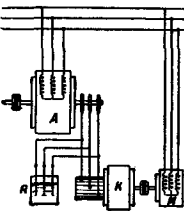


Фиг. 46.

двигателя без компенсатора и диаграмма II—при наличии шунтового компенсатора Шербиуса с отмеченными на них величинами опрокидывающих моментов  $M_1$  и  $M_2$ .

Фазовые компенсаторы по системе периодопреобразователя и системе Кожисека являются механически связанными с валом главного двигателя посредством соединительной муфты в случае равенства чисел полюсов двигателя и компенсатора и посредством зубчатой передачи, если числа полюсов этих машин не равны. Шунтовый компенсатор не имеет необходимости в механической связи с валом главного двигателя и может быть приводим в движение отдельным небольшим двигателем любой системы, что дает этому компенсатору значительное преимущество перед двумя первыми.

в) Фазовый компенсатор системы Леблана-Шербиуса. Особый интерес по своей простоте и дешевизне представляет фазовый компенсатор Леблана-Шербиуса, который может применяться только в схемах для улучшения  $\cos \varphi$ . Этот компенсатор имеет якорь с обмоткой, соединенной с коллектором, щетки которого соединяются скользями асинхронного двигателя. В системе Леблана статор компенсатора не имеет обмотки и служит лишь магнитопроводом для поля якоря, а при системе Шербиуса статор заменен железным кольцом, насаженным на якорь и вращающимся вместе с ним. Компенсатор К приводится во вращение небольшим двигателем М, скорость которого не связана со скоростью главного двигателя А (фиг. 47). При холостом ходе главного двигателя А компенсатор К не оказывает никакого действия на его работу и служит для замыкания вторичной цепи, играя в ней роль лишь нек-рого добавочного сопротивления. При нагрузке двигателя А его вторичный ток проходит через якорь компенсатора и создает вокруг него магнитное поле, медленно вращающееся в пространстве соответственно с частотой вторичной цепи  $f_2$ . Если компенсатор неподвижен, то его эдс самоиндукции отстает на  $90^\circ$  по фазе от тока. Если якорь компенсатора вращается в



Фиг. 47.

направлении вращения поля, то при синхронной скорости вращения эдс компенсатора равна нулю. Если вращать якорь компенсатора выше синхронной скорости, то эдс компенсатора изменяет свой знак на  $180^\circ$  и поэтому опережает ток по фазе на  $90^\circ$ . Благодаря этому вторичный ток двигателя начинает опережать его основную эдс, и двигатель улучшает свой  $\cos \varphi$ .

На фиг. 48а представлена приближенная диаграмма асинхронного двигателя без компенсатора. Так как частота  $f_2$  очень мала, то можно считать, что ток  $I_2$  совпадает по фазе с создающей его эдс, и потому  $sE_2 \approx I_2 R_2$ . Первичный ток  $I_1$  равен геометрич. сумме приведенного вторичного тока  $I_2'$  и намагничивающего тока  $I_m$ , поэтому ток  $I_1$  отстает по фазе от напряжения  $V_1$  на угол  $\varphi$ . На фиг. 48б представлена диаграмма при наличии компенсатора для случая, когда добавочное напряжение  $E_k$  позволяет получить полную компенсацию двигателя до  $\cos \varphi = 1$ . В этом случае ток  $I_1$  опережает эдс  $sE_2$  на тот же угол  $\varphi$  и создается геометрич. суммой эдс  $sE_2$  и  $E_k$ ; поэтому при неизменном вращающем моменте, согласно ф-ле (22), величина вторичного тока должна измениться и будет равна

$$I_{21} = \frac{I_2}{\cos \varphi}$$

Величина основной эдс двигателя  $s'E_2 = \frac{E_2}{\cos \varphi} = \frac{I_2 R_2}{\cos \varphi} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \approx \frac{sE_2}{\cos^2 \varphi}$ , откуда  $s' = \frac{s}{\cos^2 \varphi}$ . Напряжение компенсатора  $E_k = s'E_2 \sin \varphi = \frac{sE_2}{\cos^2 \varphi} \cdot \text{tg } \varphi$ .

Мощность одной фазы компенсатора  $E_k I_{21} = \frac{sE_2}{\cos \varphi} \cdot \text{tg } \varphi \cdot \frac{I_2}{\cos \varphi} = E_2 I_2 \cdot \frac{s}{\cos^2 \varphi} \cdot \text{tg } \varphi$ . Так как можно считать, что мощность двигателя на фазу равна  $\frac{E_2 I_2}{\eta}$ , то при компенсации  $\cos \varphi$  со стороны ротора

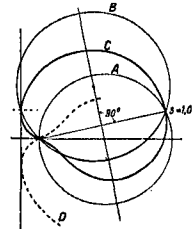
$$kVA_k = kVA_A \cdot \frac{s}{\eta \cos^2 \varphi} \cdot \text{tg } \varphi$$

На фиг. 49 представлена круговая диаграмма А двигателя без компенсатора, В — круговая диаграмма с ненасыщенным компенсатором, дающим  $\cos \varphi = 1$  при полной нагрузке, и С — уплотненная диаграмма конца вектора первичного тока двигателя, дающего также  $\cos \varphi = 1$  при полной нагрузке. В последнем случае улучшение  $\cos \varphi$  начинает наступать при меньших нагрузках, чем в случае ненасыщенного компенсатора. В обоих случаях кривая тока проходит выше, чем в круговой диаграмме А без компенсатора, поэтому наличие компенсатора повышает перегрузочную способность двигателя. На фиг. 50 представлены кривые  $\cos \varphi$  двигателя при изменении нагрузки: кривая А — при отсутствии компенсатора, а кривая В — при наличии компенсатора.

13. Однофазный асинхронный двигатель. а) Принцип действия. Однофазный асинхронный двигатель имеет пульсирующую мдс, к-рая м. б. разложена на две мдс, вращающиеся в противоположные стороны и имеющие равные амплитуды. Поэтому однофазная обмотка м. б. заменена двумя другими, питаемыми трехфазным током и соединенными т. о., что одна дает поле, вращающееся в одном направлении, а другая — в противоположном. При неподвижном двигателе обе мдс действуют на ротор одинаковым образом, создавая в нем вращающие моменты, направленные в противоположные стороны и взаимно уравновешивающиеся. Если привести ротор во вращение в одну сторону, то мдс, действующая в эту же сторону,

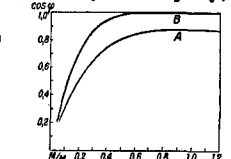
создает в нем ток с частотой  $s f_1$  и образует момент  $M_1$ , который действует в направлении вращения ротора. Другая обмотка будет иметь мдс, действующую против направления вращения ротора и создающую в нем режим тормоза. Ток от этой обмотки будет иметь частоту  $(2-s)f_1$ , которая образует момент  $M_2$ , действующий против направления вращения ротора. На фиг. 51 представлены кривые вращающих моментов  $M_1$  и  $M_2$ , построенные для скольжений от  $s=0$  до  $s=2$  относительно поля первой обмотки. Из этих кривых видно, что при  $s=1,0$  оба момента уравновешивают друг друга; если же двигатель вращается в какую-либо сторону, то момент, увлекающий ротор в этом направлении, превышает обратный момент.

При замкнутом роторе намагничивающий ток однофазного двигателя почти вдвое больше, чем при разомкнутом; поэтому  $\cos \varphi$



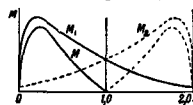
Фиг. 49.

создает в эту же сторону,

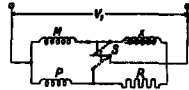


Фиг. 50.

При замкнутом роторе намагничивающий ток однофазного двигателя почти вдвое больше, чем при разомкнутом; поэтому  $\cos \varphi$



Фиг. 51.



Фиг. 52.

однофазного двигателя ниже, чем трехфазного. Так как обратное поле создает обратный момент и вызывает добавочные потери в роторе, то кдд однофазного двигателя также меньше, чем трехфазного.

б) Пуск в ход однофазного двигателя. Т. к. однофазный двигатель не развивает начального момента, то для пуска его в ход применяется вспомогательная пусковая обмотка, смунитая в пространстве относительно основной на  $90^\circ$ . Для получения сдвига токов во времени в обеих обмотках, в главную обмотку Р включается при пуске омич. сопротивление R, а во вспомогательную М — самоиндукция x (фиг. 52). Т. к. обе обмотки смуниты в пространстве на  $90^\circ$ , а токи в них смуниты на угол, меньший  $90^\circ$ ,

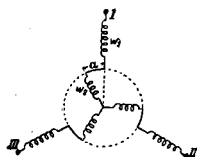
то в результате образуется эллиптическое вращающееся поле, создающее вращающий момент в направлении его движения. При пуске рубильник  $S$  ставится в верхнее положение, а при работе—в нижнее, обозначенное пунктиром.

Однофазный двигатель имеет также круговую диаграмму, дающую возможность получить его характеристики. Однофазные двигатели получаются заводским путем из моделей трехфазных, причем  $\frac{2}{3}$  пазов заполнены основной обмоткой и  $\frac{1}{3}$ —пусковой. Поэтому тип однофазного двигателя позволяет получать из данной модели приблизительно  $\frac{2}{3}$  мощности трехфазного.

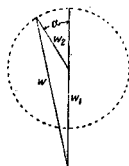
14. Трехфазный асинхронный двигатель как катушка самоиндукции. Если соединить статор и ротор трехфазного двигателя т. о., чтобы поля их вращались в одном направлении, то при повороте ротора и закреплении его в неподвижном положении получается симметричная регулируемая катушка самоиндукции (фиг. 53). Результирующее число витков такой катушки будет равно

$$w = \sqrt{(w_1 k_1)^2 + (w_2 k_2)^2} + 2w_1 k_1 w_2 k_2 \cos \alpha,$$

где  $w_1 k_1$ —действующее число витков статора,  $w_2 k_2$ —число витков ротора и  $\alpha$ —угол



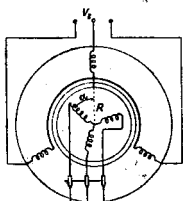
Фиг. 53.



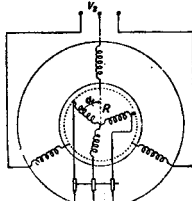
Фиг. 54.

сдвига между соответствующими осями катушек (фиг. 54). Магнитный поток  $\Phi$  такой катушки самоиндукции будет приблизительно равен  $\frac{V_1}{\sqrt{2} f_1 w}$  и будет изменяться

вместе с углом  $\alpha$ . Соответственно будет изменяться и намагничивающий ток, создающий поток  $\Phi$ ; поэтому такая катушка будет потреблять различный реактивный ток, при изменении к-рого будут одновременно изменяться и поля рассеяния статора и ротора. При  $\alpha = 0^\circ$  система будет иметь наибольшее реактивное результирующее сопротивление



Фиг. 55.



Фиг. 56.

и потому будет потреблять наименьший реактивный ток. При  $\alpha = 180^\circ$ , наоборот, система будет иметь наименьшее реактивное сопротивление и соответственно будет потре-

лять наибольший реактивный ток. Описанный выше тип трехфазной катушки самоиндукции особенно распространен в лабораторной практике.

15. Потенциальный регулятор. Если присоединить статор асинхронного двигателя к одной сети, а ротор—к другой, то при повороте ротора и закреплении его в неподвижном положении можно создавать любой сдвиг фазы эдс ротора относительно эдс статора (фиг. 55), благодаря чему двигатель превращается в трансформатор фазы. Если присоединить обмотку статора или ротора к сети, а три фазы обмотки, помещенной на другой части машины, соединить последовательно с фазами первой, то получится схема потенциального регулятора (фиг. 56). Первая обмотка  $w_1$  создает в машине вращающееся магнитное поле, которое индуктирует во второй обмотке добавочное напряжение  $E_2$ , геометрически складывающееся с напряжением первой обмотки  $E_1$ . Т. о. можно получить максимальное напряжение  $E_{nmax} = E_1 + E_2$  и минимальное  $E_{nmin} = E_1 - E_2$ . Если обмотка  $w_2$  сдвинута от оси обмотки  $w_1$  на угол  $\alpha$ , отличный от  $0$  и  $180^\circ$ , то результирующее напряжение  $E_n$  получится как геометрическая сумма напряжений  $E_1$  и  $E_2$ :

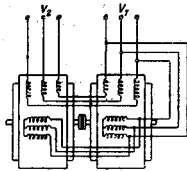
$$E_n = E_1 + E_2.$$

Потенциальный регулятор рассчитывается на отдаваемую им кажущуюся мощность:

$$\text{kVA}_n = 3I \frac{E_{nmax} - E_{nmin}}{2 \cdot 10^3}.$$

Так же, как в трехфазном асинхронном двигателе, в потенциальном регуляторе получается некоторый вращающий момент, соответствующий мощности, к-рая передается

из первичной цепи во вторичную. Для уничтожения момента на валу регулятора, а также сдвига по фазе между первичным и вторичным напряжением применяется двойной потенциальный регулятор по схеме фиг. 57. В этом регуляторе при всех уловых положениях ротора эдс  $E_1$  и  $E_2$  практически совпадают по фазе, а т. к. моменты обеих частей направлены навстречу, то в этом случае отсутствует общий момент на валу. Регулятор фаз применяется в лабораториях для проверки приборов при различных  $\cos \phi$  и в каскадных установках для добавочного поворота фазы коллекторной машины, напр. в схеме Кожисека. Потенциальный регулятор применяется для регулировки напряжения у приемников в сетях с большим колебанием напряжения.

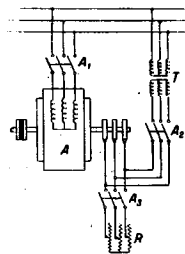


Фиг. 57.

16. Асинхронная машина двойного питания. Асинхронная машина, у к-рой статор и ротор выполнены с одинаковым числом витков, м. б. обращена в синхронную. Для этого фазы статора и ротора соединяют в обратном порядке так, чтобы при неподвижном роторе поля статора и ротора вращались в противоположных направлениях. Если при помощи внешн. силы довести ротор до двойной

синхронной скорости и включить статор на сеть, то поле статора начнет вращаться относительно ротора в обратном направлении; поэтому если после совпадения фаз присоединить к той же сети и ротор, то машина будет вращаться синхронно независимо от нагрузки. Намагничивающий ток будет доставляться поровну статором и ротором. При нагрузке машины как двигателя ротор несколько отстает по фазе от вращающегося поля, но будет продолжать вращаться синхронно. При генераторном режиме ротор, наоборот, несколько опередит по фазе поле. Подобно асинхронному генератору машина двойного питания получает намагничивание из сети и поэтому должна работать параллельно с синхронной машиной.

Двойное питание м. б. осуществлено и при нормальной, а не двойной, скорости вращения по схеме Толвинского. Для этого фазы статора и ротора, как было уже сказано, соединяются в обратном порядке. Сначала с сетью соединяется только статор, и двигатель доводится до синхронной скорости или близкой к ней, после чего к сети присоединяется и ротор. Т. к. в этом случае ротор вращается в направлении, обратном направлению вращения его собственного поля, то это поле будет вращаться относительно статора с таким же малым скольжением, с каким поле статора вращается относительно ротора. Если числа витков статора и ротора не равны, то в этом случае ротор присоединяется к сети через трансформатор  $T$  с соответствующим коэф-том трансформации (фиг. 58). При включении такого двигателя сначала присоединяется через рубильник  $A_1$  к сети статор, и двигатель запускается в ход пусковым реостатом  $R$  при выключенном  $A_2$  и выключенном  $A_2$ .



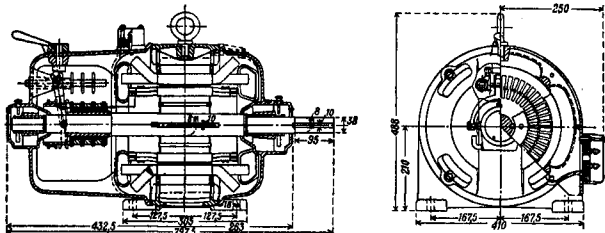
Фиг. 58.

Максимальная мощность такого двигателя, при условии незначительного сопротивления сети, возрастает почти в 2 раза, так как момент вращения образуется как полем статора, так и главным полем ротора, но продолжительная мощность двигателя изменяется весьма мало.

**17. Конструкция И. м.** Конструкция И. м. в сильной степени определяется системой ее охлаждения и способом защиты

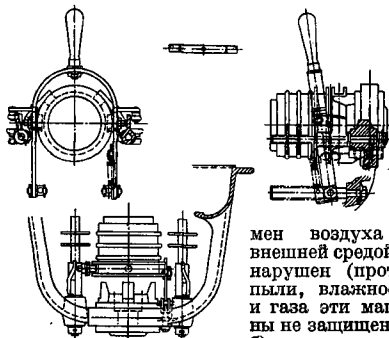
от попадания внутрь ее посторонних тел: капель дождя, пыли и т. п.

По способу охлаждения И. м. разделяются на следующие типы. 1) Машины с естественным охлаждением, не имеющие никаких приспособлений для охлаждения. 2) Машины с самовентиляцией, охлаждение которых достигается вентилятором, составляющим одно целое с вращающейся частью. 3) Машины с посторонним охлаждением, к к-рому охлаждающая среда подается вентилятором, работающим независимо от машины.



Фиг. 59.

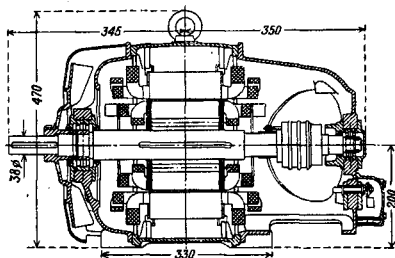
По способу защиты И. м. разделяются на следующие типы. 1) Открытые машины, в к-рых все вращающиеся и токопроводящие части не имеют специальных защитных приспособлений. 2) Защищенные машины, к-рые в свою очередь разделяются на: а) защищенные машины, у к-рых обмотки и другие части, находящиеся под напряжением или в движении, защищены от случайного прикосновения или проникновения внутрь посторонних тел, но так. обр., что свободный об-



Фиг. 60.

мен воздуха с внешней средой не нарушен (против пыли, влажности и газа эти машины не защищены); б) защищенные от падения капель сверху (капеза); в) защищенные от дождя и брызг; имеют приспособления от проникновения водяных капель и брызг любого направления. 3) Закрытые машины, которые в свою очередь разделяются на: а) закрытые, которые, не будучи абсолютно герметическими, не имеют других отверстий кроме отверстий для скрепляющих болтов и выводов; б) закрытые вентилируемые с независимым охлаждением, к которым воздух подводится посредством труб или каналов; в) герметические, к-рые имеют плотно закры-

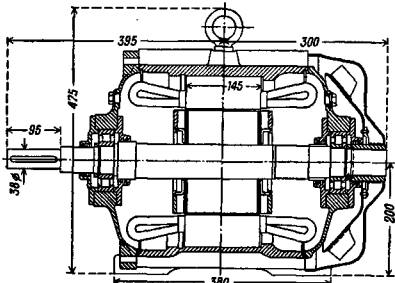
тый корпус, не допускающий проникновения внутрь влаги даже при погружении в воду. 4) Машины с защитой против взрыва, к-рые в свою очередь разделяются на а) машины с защитой против взрыва, к-рые имеют специальный кожух достаточно прочный, чтобы



Фиг. 61.

противостоять взрыву газа внутри машины; б) машины с противозрывной защитной оболочкой для контактных колец.

Асинхронные двигатели в зависимости от их назначения выполняются в форме всех вышеперечисленных типов. Наиболее распространенным является открытый самовентилирующийся двигатель. На фиг. 59 представлены продольный и поперечный разрезы открытого самовентилирующегося асинхронного двигателя 3-да «Электросила» с контактными кольцами. В зависимости от числа полюсов, на к-рые выполнена обмотка, этот тип дает различную мощность: при 1 500 об/м. 10 kW, при 1 000 об/м. 6,8 kW, при 750 об/м. 4,5 kW. Двигатель имеет специальное приспособление для подъема щеток и замыкания ротора накоротко. На фиг. 60 представлен отдельно конструктивный чертеж приспособления для подъема щеток фирмы SSW, применяемого этой фирмой в маломощных двигателях. На фиг. 61 представлен продольный разрез закрытого с вентиляцией двигателя фирмы SSW в 11 kW, 1 500 об/м., с контактными кольцами без подъема щеток.

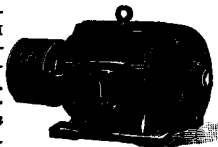


Фиг. 62.

Охлаждение закрытых двигателей достигается или обдуванием внешней ребристой поверхности с помощью вентилятора, посаженного на вал с внешней стороны корпуса, или же с помощью установленного в нем небольшого воздухоохладителя, внешняя и

внутренняя поверхности к-рого обдуваются специальными вентиляторами. На фиг. 62 представлен поперечный разрез двигателя SSW с обдуваемой оболочкой в 10 kW при 1 500 об/м. с высоким пазом для получения большого пускового момента. Внешний вид двигателя представлен на фиг. 63. Двигатели этого типа применяются для работы в газовых шахтах, так как они не имеют контактных колец, могущих быть источником искры и взрыва при проникновении газа внутрь двигателя.

Асинхронные двигатели могут выполняться на весьма значительную мощность, особенно в прокатных установках. Наибольшие по мощности асинхронные двигатели построены в настоящее время американской фирмой GEC. Эти двигатели обладают мощностью в 16 600 kW, 317 об/м. и предназначены для электрического привода гребных винтов военного корабля.



Фиг. 63.

Асинхронные двигатели строятся в СССР в настоящее время на Харьковском электромеханическом заводе и на заводе «Электросила» в Ленинграде.

Потенциальные регуляторы. Благодаря отсутствию непрерывно вращающейся части потенциальные регуляторы обычно имеют или усиленную вентиляцию с помощью отдельного вентилятора или систему масляного охлаждения.

Лит.: Круг К. А., Асинхронные двигатели, М.—Л., 1929; Бениш и др., Асинхронные двигатели трехфазного тока, СПб, 1912; Холунов Ф. И., Асинхронные двигатели однофазного и трехфазного тока, 2 изд., М.—Л., 1927; Шенфер К. И., Асинхронные машины, М.—Л., 1929; Пиотровский Л. М. и Попов В. К., Испытания машин переменного тока, вып. 2—Испытания индукционных машин и преобразователей, Л., 1927; Курбатов С. И., Сдвиг фаз в электрич. установках и средства для его уменьшения, М. 1926; Arnold R.—la Cour E., Wechselstromtechnik, В. 5, Т. 4, Berlin, 1909; Salinger F., Die asynchronen Drehstrommaschinen, В., 1928; Biermanns J., Überströme in Hochspannungsanlagen, В., 1926; Fowle F., Standard Handbook for Electrical Engineers, 5 ed., N. Y., 1922; Нубаев А. Я., Der Drehstrommotor, 2 Aufl., В., 1923; Nebel H., Electric Motors, 7, London, 1923; Schmitt H., Der Drehstrominduktionsregler, Berlin, 1927; Забранский Н., Die wirtschaftliche Regelung von Drehstrommotoren durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskaden, Berlin, 1927.

М. Костомаров

**ИНДУКЦИЯ. I. И. электростатическая (в линиях)**—перемещение электрич. зарядов в материальных телах под влиянием электростатич. поля. Если поместить диэлектрик в электростатич. поле, напряженность к-рого определяется вектором  $E$ , то протоны и электроны, из к-рых состоит это тело, испытывают некое смещение: протоны перемещаются в направлении поля, электроны— в противоположном направлении. Однако это смещение достигает только ничтожных размеров, т. к. более заметное смещение повело бы к разрушению молекул диэлектрика. В результате на поверхности тела образуются заряды, т. е. недостаток электронов с одной стороны и избыток—с другой. Если поместить проводник в электростатич. поле, то свободные электроны, находящиеся в проводнике, будут до тех пор перемещаться

поле и накапливаться на поверхности проводника, пока поле, образованное этими свободными зарядами, не будет в точности компенсировать внешнее поле внутри диэлектрика, так что результирующее поле в каждой точке будет равно нулю. Количественное выражение этих соотношений см. *Электростатика*. Практически электростатик. И. используются для создания сильных электрич. полей (см. *Электростатическая машина* и *Электробор*). В литературе также приходится встречать термин электростатический И. для обозначения вектора электрического смещения.

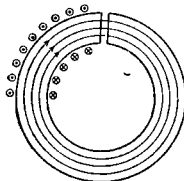
**2. И. магнитная**—вектор  $\mathbf{B}$ , определяемый условием: скорость уменьшения потока этого вектора через любую поверхность равняется электрическому напряжению, индуцируемому вдоль замкнутой линии, окаймляющей эту поверхность:

$$\oint_K \mathbf{E} d\mathbf{r} = - \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} d\mathbf{S}.$$

В дифференциальной форме эта зависимость выражается в виде ур-ия Максвелла:

$$\text{rot } \mathbf{E} = - \frac{d\mathbf{B}}{dt},$$

где  $\mathbf{E}$ —напряженность электрич. поля. Для большинства тел вектор  $\mathbf{B}$  пропорционален напряженности магнитного поля  $\mathbf{H}$ , т. е.  $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$ , причем коэф. пропорциональности  $\mu$ , называемый магнитной проницаемостью, весьма мало изменяется от одного тела к другому. Если измерять  $\mathbf{B}$  в гауссах, а  $\mathbf{H}$  в А/см, то для вакуума  $\mu = \mu_0 = 1,256$ . Для парамагнитных тел  $\mu > \mu_0$ , для диамагнитных тел  $\mu < \mu_0$ , но во всяком случае разность  $\mu - \mu_0$  остается очень маленькой величиной—порядка  $10^{-8}$ . Если измерять  $\mathbf{H}$  и  $\mathbf{B}$  в гауссах, то для вакуума будет  $\mathbf{H} = \mathbf{B}$ , т. е.  $\mu_0 = 1$ . В однородной среде можно было бы описать магнитное поле при помощи одного только вектора  $\mathbf{H}$ . В неоднородной среде это сделать не удается. Если пропустить электрич. ток через кольцевую катушку (см. фиг.), то внутри этой катушки возникает магнитное поле, напряженность которого  $\mathbf{H}$ , по закону полного тока, зависит исключительно от ампервитков, помещаемых на катушке. Следовательно  $\mathbf{H}$  не должно измениться, если поместить железное кольцо внутри катушки. Однако, если выпилить узкую щель в одной из меридианных плоскостей кольца, то в этой щели можно наблюдать поле  $\mathbf{H}'$ , значительно большее, чем  $\mathbf{H}$ . Это объясняется тем обстоятельством, что молекулярн. токи внутри железа, т. е. электроны, вращающиеся по круговым орбитам, ориентируются под влиянием поля  $\mathbf{H}$ , так что по мере возрастания  $\mathbf{H}$  все большее число орбит поворачивается, и их ось вращения становится параллельной  $\mathbf{H}$ . Вместо беспорядочного распределения орбит все большее число их располагается т. о., что усиливает ампервитки катушки. Следовательно к полю  $\mathbf{H}$ .



создаваемому ампервитками катушки, прибавляется новое поле, обычно обозначаемое при помощи магнитной восприимчивости  $\kappa$ :  $4\pi\kappa\mathbf{H}$ . Таким образом поле катушки и поле молекулярных токов создают вместе результирующее поле, равное вектору индукции

$$\mathbf{B} = \mathbf{H} + 4\pi\kappa\mathbf{H} = (1 + 4\pi\kappa)\mathbf{H},$$

откуда

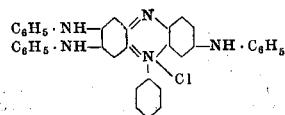
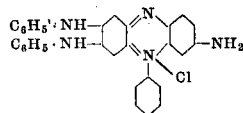
$$\mu = 1 + 4\pi\kappa, \text{ или } \kappa = \frac{\mu - 1}{4\pi}.$$

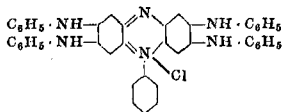
Часто называют вектор  $\kappa\mathbf{H}$  намагнитчиванием и обозначают его буквой  $J$ :  $J = \kappa\mathbf{H}$ , так что  $\mathbf{B} = \mathbf{H} + 4\pi J$ . Для тел парамагнитных  $\kappa > 0$ , для тел диамагнитных  $\kappa < 0$ . Для этих тел  $\kappa$  имеет величину порядка  $10^{-6}$ . Совершенно иначе обстоит дело с ферромагнитными телами (Fe, Ni и т. д.), для которых  $\kappa$  может равняться нескольким сотням, причем  $\kappa$  а следовательно и  $\mu$  не только зависит от  $\mathbf{H}$ , но также и от предыдущей истории тела. В настоящее время еще нет возможности дать исчерпывающие объяснения для различия между диамагнитными, парамагнитными и ферромагнитными телами. На практике редко применяют магнитную И. свыше 20 000 гауссов, так как при таких размерах И. уже наступает насыщение и дальнейшее увеличение  $\mathbf{B}$  происходит за счет внешних ампервитков, но не за счет ампервитков молекулярных токов. Т. о. приходится затрачивать много энергии на потери в обмотке возбуждения, да и потери на гистерезис и токи Фуко при переменном токе сильно возрастают. Для научных целей Капице удалось получить на весьма короткой промежуток времени магнитную И. до 300 000 гауссов.

Следует заметить, что вектор  $\mathbf{B}$  не имеет источников,  $\text{div } \mathbf{B} = 0$ , так что линии вектора  $\mathbf{B}$  всегда замкнуты или во всяком случае, не имеют ни начала ни конца.

Лит.: Тамм И. Е., Основы теории электрич. т. 1, М.—Л., 1929; Сопп Е., Das elektromagnetische Feld, В., 1927.

**ИНДУЛИНЫ**, красящие вещества, по своему химич. строению относящиеся к классу азониевых красителей, получаемые при сплавлении аминозобензола с анилином и хлористоводородной его солью. И. не представляют собой химических индивидуумов, являясь смесью производных феносафранина, и главн. обр. анилидофенилфеносафранина (I), анилидофенилфеносафранина (II) и дианилидофенилфеносафранина (III):





III.

Индулин поступает в продажу либо в виде спиртового, или ацетинового, И., представляющего собой приведенные выше, получаемые непосредственно из плава хлористоводородные соли азониевых оснований, либо в виде жирового И., являющегося смесью оснований красителя с воском, парафином или жиром, либо в виде одяного И., представляющего натриевые соли сульфокислот красителей. Спиртовой И. применяется для получения спиртовых лаков и отчасти в ситцепечатном деле, для набивки хл.-бумажных тканей по таинной протраве (ацетиновый голубой). Жировой И. применяется для притовления мази для обуви, водной И. находит некоторое применение в окраске шелка, протравленного фосфорнокислым цинком. Конкурентами И. являются более дешевые и простые, получаемые сплавлением анилина и хлористоводородного анилина с нитробензолом в присутствии железных опилок и также дающие марки, растворимые в спирте, жирах и воде.

*Lum.: Fierz-David N. E., Künstliche organische Farbstoffe, B., 1926; Rowe F., Colour Index, N. Y., 1925.*

И. Исофф.

**ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ**, перевод на новейшую машинную технику всего хозяйства страны, в том числе и земледелия; процесс, характеризующийся огромным ростом производительности труда. Целью капиталистич. И. является извлечение наибольших прибылей. Когда буржуазия находит другие, более простые и выгодные способы повышения прибылей, она отказывается от пути И. (процесс деиндустриализации Англии, процесс загнивания капитализма в эпоху монополий). Социалистическая индустриализация—метод хозяйственной политики пролетариата, направленной на преобразование старого и построение нового социалистического общества (см. *Социалистическое строительство*), выражение процесса производственно-технической реконструкции народного хозяйства.

Научный анализ развития капитализма, данный Марксом и Лениным, показывает невозможность для капитализма существовать без кризисов, войн, крахов отдельных частей системы и неизбежность конечной гибели капиталистического общества с приходом к нему в результате ряда революций нового общественного строя. Чтобы уяснить себе направление советской социалистической И., необходимо с определенной ясностью представить черты того нового общественного порядка, к-рый в цивилизации, брошенной по Европе, превращается руками рабочего класса в самую доподлинную реальность. Каковы же черты этого нового общества? Социалистический строй—низшая фаза коммунизма—характеризуется таким развитием производительности труда на основе растущей техники, которое дает возможность целиком обществу производить как в промышленности, так и в сел. х-ве, причем все хозяйство страны начинает вестись по плану. Линиямируются в связи с этим основные отношения. Исчезает разница между городом и деревней. Делается невозможной эксплуатация человека человеком. Линицируется классовое деление общества. Государство отмирает, но еще не отмерло. В индивидуальной и общественной сферах сохраняются еще черты буржуазного права. Производительность труда, развитая настолько

высоко, чтобы обобществить все производства, еще недостаточна, чтобы уничтожить разницу между прилическим и умственным трудом (задача, решаемая при коммунизме). Принцип распределения является: «от каждого по способностям, каждому по труду» (следы некоторого неравенства). Труд является еще обязанностью членов общества. Но освобожденное от рабства капиталистического строя человечество, его умственные и нравственные способности получают мощный толчок для своего развития, продуктом которого является быстрый рост техники и науки, являющийся. Все это позволяет производительным силам общества уйти неизмеримо далеко вперед по сравнению с развитием их в капиталистич. э. оху.

Каких же количественных выражений должны достичь основные показатели народного хозяйства, в первую очередь общественного сектора, чтобы можно было перейти собственно к социалистич. строю? Здесь имеются определенные подсчеты, принятые в 1929 г. Госпланом в качестве ориентировки и свидетельствующие о том, что обобществление всего народного хозяйства может быть проведено за счет промышленности. Основа расчета—20%-ный ежегодный прирост промышленной продукции. Это дает возможность примерно к 1942/43 году, увеличить промышленную продукцию по сравнению с 1927/28 г. в 27,5 раз, реальную заработную плату—в 4—6 раз, уменьшить производительность рабочего дня и в промышленности и в сельском х-ве до 5 час., обобществить целиком сельское х-во на основах крупной машинной техники, вложить из промышленных накоплений в другие отрасли народного хозяйства 35,4 млрд. за последний год, а за 15 лет—140 млрд. рублей, и увеличив действующий основной капитал промышленности до 137 млрд., а валовую продукцию—до 243 млрд. руб. Сумма всех капитальных работ за 15 лет определяется в 201 млрд., а за 20 лет—в 740 млрд. рублей. Хозяйственные результаты первого года пятилетки и контрольные цифры второго далеко опережают эту смелую гипотезу—они показывают прирост продукции на 24,3 и 32,3% вместо 21,4 и 21,5%, предполагавшихся по оптимальному варианту пятилетнего плана. Это дает возможность делать новые набетки гипотезы генерального плана, исходящие из роста по годам пятилетки в 24—32—42,5—46,5—49% (увеличение за 5 лет со 100 до 512% вместо предполагавшихся 279%). Если к концу первого пятилетия мы повысим ежегодный прирост продукции до вполне возможных при новой технике 50%, а на следующие пятилетие оставим этот прирост стабильным, то запроектированные на 15 лет размеры продукции народного хозяйства будут достигнуты в 10 лет. Будет создан совершенно новый основной капитал промышленности по последнему слову мировой науки и техники, будут достигнуты и отчасти превзойдены размеры американской промышленности. Что такие перспективные подсчеты в настоящее время по ходу нашего хозяйственного развития назрели и совершенно необходимы, показывает обсуждающийся сейчас в Госплане вопрос: составлять ли после пятилетки генеральный 15-летний план или же прямо надо давать план построения развернутого социализма.

Решающим фактором самостоятельности и мощи страны являются ее энергетические



ресурсы. Изменения по пятилетке произойдут в СССР такие: если первичные установки (электростанции общего пользования, фабрично-заводская промышленность, транспорт, с. х.-во, мелкая промышленность) в 1927/28 г. дают 13 930 млн. kWh, то в 1932/33 г. это будет уже 31 490 млн. kWh (рост до 226,1%), а с учетом скота—32 130 и 53 793 млн. kWh (рост до 162,4%). Энерговооруженность на 1 жит. в СССР для 1926 г. (выражающаяся энергетик. показателем) ниже, чем в США, в 11,2 раза, ниже Германии в 5,2, ниже Англии в 4,4, ниже Франции в 2,7 раза. За пятилетие энерговооруженность у нас сильно возрастет. На 1 рабочего в 1927/28 году и в 1932/33 г. потребление всей энергии (в том числе и электроэнергия) в промышленности равно 2 421 и 4 677 kWh—рост до 193,2% (в том числе электрич. энергии 1 203 и 3 600 kWh—рост на 229,3%); на транспорте потребление энергии на 1 рабочего 4 032 и 6 250 kWh—рост до 155%; в сел. х-ве потребление всей энергии 324 и 391 kWh—рост до 120,7%, в том числе механич. энергии 27,0 и 74,0 kWh—рост до 274,1%, и в частности электрич. энергии 0,54 и 3,0 kWh—рост до 555,6%. Запасы энергии в нашей стране характеризуются следующим: цифрами (в условном топливе) в млрд. т: каменного угля имеется всего 531,0 (100%), в том числе: Кузнецкий бассейн—396,0 (74,5%), Донбасс—64,5 (12,2%), Иркутский Бассейн—45,5 (8,6%), Минусинский—12,3 (2,3%), Подмосковный—3,8 (0,7%). В 1932/33 г. из всей разработки в 100% на долю Донбасса падает 75,5%, Кузбасса—8,3%, Подмосковного—3,1%, Иркутского—1,1% и Минусинского—0,3%. Торфодобыча возрастает с 7,2 млн. т в 1927/28 г. до 16 млн. т в 1932/33 году, добыча нефти—с 11,7 до 21,7 млн. т, дров—с 50,5 до 59,8 млн. м<sup>3</sup>, каменного угля—с 35,4 до 75,0 млн. т. Наличие запасов водной энергии в группах, сосредоточивающихся больше 10 тыс. HP, составляют 39,4 млн. HP, сосредоточивающихся меньше 10 т. HP—25,5 млн. HP; всего с округлением—65 млн. HP. Из этого запаса использовано всего 960 тыс. HP (больше всего в Сев.-Зап. и Кавказском районе—по 110 тыс. HP, в Центрально-Промышленном районе—90 тыс. HP, в Западном, Средне-Волжском и Юго-Восточном—по 80 тыс. HP).

В области правильного использования энергии в плане И. следует отметить: теплофикацию—использование отходящего тепла с электростанций для целей отопления фабричных зданий, учреждений и жилищ (теплофикация целых городских районов); газификацию (дальний газ)—переработка далеко отстоящих от промышленных центров низкокалорийных видов топлива в газ и передача его на большие расстояния (в Германии уже на 400—500 км) для сжигания в двигателях внутреннего сгорания и для бытового потребления; использование пылевидного топлива (тоже с передачей по трубопроводам на значительные расстояния); коллоидное топливо (находящаяся во взвешенном состоянии в жидком топливе примесь пылевидного) с передачей по трубопроводам; наконец нефтепроводы. Ко всем этим видам энергетик. сети присоединяется электрическая сеть и быст-

ро работающая «ткань транспорта». Это—энергетическая база индустриализации.

Основные тенденции развития самой промышленности в процессе И. таковы: 1) новое строительство с преимущественным ростом тяжелой промышленности; из суммы капитальных вложений за 5 лет в 18 640 млн. руб. (в ценах 1926/27 г.) 78% вкладывается в тяжелую, 22%—в легкую промышленность, а по отраслям первое место получает металл (31,8% всех вложений в промышленность), затем топливо (17,6%), текстиль (12,9%), химия (10,4%), строительные материалы (7,1%); 2) реконструкция—в узком смысле (расширение, переоборудование, деконсервирование), где—по стоимости работ за 5 лет—вместо одного Урала мы получаем как бы два новых Урала (753,7 млн. руб. вложений в реконструкцию в сравнении с 302,4 млн. основного капитала на 1 октября 1928 г.), получаем новую Центрально-Промышленную область (1 571,3 млн. руб. вложений по сравнению с 2 182,3 млн. руб. основного капитала), имеем новый Ленинград (639,0 млн. руб. по сравнению с 705,4 млн. руб. основного капитала) и новую Украину (2 662,0 млн. руб. по сравнению с 1 735,0 млн. руб. нынешнего основного капитала); 3) развитие новых производств—организация ряда таких производств, к-рые раньше или вовсе отсутствовали или существовали в зачаточном состоянии; таковы тракторостроение, вело-, авто- и авиастроение, ряд химич. и электротехнич. производств, производство новых строительных материалов, нового сырья в текстильной промышленности, производство точных и сложных машин и наиболее важного оборудования для разных отраслей промышленности (машины обувные, полиграфические, строительные, пишущие, врубные, комбайны, сложные молоталки, часовое производство, велосипедное производство и машины для бумажной промышленности и т. д.), что освобождает нас от импорта и дает возможность учесть в строительстве все имеющиеся у нас и за границей достижения техники (специализация, стандартизация, рационализация, кооперирование предприятий и концентрация производства); 4) преимущественное строительство в течение пятилетия крупных объектов: на постройку а-дов, вкладывается от 20 до 50 млн. руб. каждый, вкладывается 19,2% всех вложений, на строительство, стоимостью свыше 100 млн. руб.,—20,2% вложений; во всем новом строительстве предприятий, стоимостью выше 20 млн. руб.,—всего лишь 72 объекта, но на их долю приходится 3 824 млн. руб. из 7 833 млн. руб., т. е. 2,9% предприятий поглощают 49% вложений; из предприятий, стоимостью свыше 150 млн. руб. каждое, строится 9 металлургич. а-дов, к-рые обойдутся свыше 1½ млрд. руб., т. е. больше, чем все капитальное строительство 1927/28 г. (= 1 306 млн. руб.); каждый из этих а-дов по стоимости равен Днепрострою, Волховстрою, Турксибу; не исключается однако строительство мелких объектов в отдельных областях и в остальных районах; 5) изменения в самой структуре промышленности: выдвигание на первый план, вместе с электрификацией, группы А в промышленности; иное, чем раньше, географич.

размещение промышленности, изменение ее технич. физиономии, организационной структуры, социальной структуры, внутренней структуры отдельного предприятия (мощность силовых установок, соотношение отдельных цехов, рост доли оборудования в основном капитале с 30 до 35%, и т. д.), изменение структуры отрасли; 6) изменение удельного веса районов, в чем отражается идея И. более остальных районов и создания новых индустриальных центров; вырастает удельный вес восточного, юго-восточного и северо-восточного районов; Урал, имея 4% основных капиталов, получает в 3 раза больший удельный вес (12%) во вложениях по Союзу; Сибирь с 1,1% доводится до 4%, а по новому строительству даже до 6%; некоторые старые районы, наоборот, снижают свой удельный вес: Центрально-Промышлен. область, имеющая 30% основного капитала всей промышленности Союза, получает лишь 18% капитальных вложений за 5 лет; Ленинград, имея 10%, получает лишь 6%; 7) создание промышленных комбинатов, где «находит свое выражение стремление советского хозяйства с наибольшей полнотой, рациональностью и быстротой развернуть производительные силы и освоить богатства природы»; комбинирование обуславливает возможность посредством выхода за пределы основного производства развлекать производство новые—подсобные (кирпичные, стальные и т. д.) и побочные (по использованию отбросов; в этом—разрешение проблемы потерь), сокращает обслуживающий аппарат, ускоряет оборот капитала, повышает эффективность капитальных затрат и снижает себестоимость продукции; при государственной собственности на средства производства комбинатами становятся целые районы: Урал, Донбасс, Днепрострой, Ленинград, Кузнецкий и Подмосковный бассейны.

И. ставит задачу подготовки новых технич. кадров. Пятилетний план предписывает доведение общего числа инженеров, занятых в основных отраслях народного хозяйства и культурного сектора, до 75 000 чел. (вместо занятых в 1927/28 г. 30 000); из них 50 000 должно работать в промышленности и 8 000 на транспорте. Общее число техников д. б. доведено к концу пятилетия до 110 000 чел. (против 38 000, занятых в 1927/28 году). В целях ускорения подготовки высшего технического персонала для промышленности, сельского хозяйства и транспорта и в развитие рений июльского 1928 г. пленума ЦК ВКП(б) в настоящее время реконструируется вся система высшего технич. образования на началах сокращения срока обучения до 4 лет, приема в высшие технич. учебные заведения 3 раза в год, введения непрерывной производственной недели, непрерывного производственного года, производственного обучения на ф-ках и з-дах, отмены дипломных работных его элементов в учебные планы четырехлетки, приорорения программ к требованиям новейшей науки и техники, специализации с первого года обучения.

В И. с. х-ва надо различать несколько процессов: 1) рост отраслей сел. х-ва, занятых первичной обработкой с.-х. продукции (мас-

лодельные, хлопкоочистительные, крахмалопаточные, боконные, картофелетерочные, маслобобные, фруктово- и овошесушильные, консервные з-ды), причем исторически здесь в результате разделения труда в сел. х-ве—постепенное превращение ряда с.-х. работ в самостоятельные отрасли, не отличающиеся по типу от других отраслей промышленности; 2) перестройка самого основного процесса в сел. х-ве—полеводства—путем механизации и применения науки (введение машин, орудий, тракторов, электрич. энергий, удобрений, агрономических мероприятий, мелiorации и т. д.); 3) применение машин в остальных отраслях сел. х-ва—в животноводстве (крупном и мелком), садоводстве, огородничестве, рыбоводстве, куроводстве (сортировка, очистка, упаковка, сушка, солка, варка, консервирование, переработка и т. д. мяса, кож, шерсти, пера, пуха, яиц, рыбы, икры, овощей, фруктов, ягод и т. д.); 4) разделение труда между районами и специализация отдельных районов на определенных отраслях с. х-ва: хлопок, пшеница, свекла, картофель, овощи, фрукты, животноводство, шерсть, бэкон и т. д. В последнее время в области И. сельского хозяйства буквально произведена и продолжается целая техническая и экономическая революция. Речь идет о машинно-тракторных станциях.

Как в промышленности, так и в сел. х-ве действительным оказывается основной экономический закон производства, говорящий о меньшей затрате труда на единицу продукции в крупном производстве по сравнению с мелким. В применении к с. х-ву это означает, что трактор в мелком крестьянском хозяйстве совершеннейшим образом применяется в силу его удобства, в небольшом хозяйстве—силу своей неполной использования; что трактор может полностью себя оправдать только тогда, когда одновременно и совместно работает группа тракторов порядка 200—300—500 штук, на участке в 50—100 тыс. га, имея при себе крупную центральную мастерскую (стоимость оборудования в 70—150 тыс. руб., выходящую даже литейный цех, кроме ремонтно-оборочного, механического, столярного и кузнечного). Тогда трактор может обработать до 450 га за сезон (вместо, фермер обрабатывает в этих условиях 150 га). Эффект от введения машинно-тракторных станций в сел. х-ве исключительный. Станция, имеющая кроме названных тракторов, достаточное количество всех с.-х. машин и прицепных орудий, договаривается с крестьянством ряда сел (на участке радиусом 13—15—20 верст) о том, что станция берет на себя ведение всех полевых работ, включая вспашку, уборку, молотобой, перевозку и т. д., обеспечивает равномерность производства полевых работ, применяет все знания агромеханической науки, заведает чистотными семенами и требует от крестьянства отъема от меж. участия в работе станции личным трудом, пропорционально уменьшению земельного надела, согласия на получение продукции с поля пропорционально этому же наделу, вышлати за машинную обработку в пользу станции 25—30% продукции. В результате работ оказывается: время, затраченное крестьянством на сел.-хоз. работу, уменьшается на 50%, урожай увеличивается на 25—30%, освобождается инвентарь и скот, получается определенная страховка от неурона (одна и те же неблагоприятные метеорологич. условия понижают урожай у нас на 90%, в Германия, благодаря хорошей машинной обработке,—на 10%). Кроме того станция берет на себя обучение молодежи управлению машинами и тракторами, берет на себя постепенное обслуживание других, кроме полеводства, с.-х. процессов (животноводства, первичной обработки с.-х. продуктов и т. д.) и ставит перед крестьянством вопрос о выкупе им свою долю всего имущества станции. Благодаря быстрому росту материального благосостояния, экономически осуществлять это для крестьянства становится возможным. Персонал станции в большей части переходит на другой участок, оставляя машины крестьянам и приобретая новую партию машин на доход от взимания тех 25% продукции, которые в течение ряда лет накапливаются. Этот перерыв в технике с.-х. производства пошел от опыта Шевченковской машинно-тракторной станции в Одес-

сном оргузе, которой руководит г. А. М. Марквич. План намечает и постройку пяти новых электромашинотранспортных станций по 1 000 с 200 000 трансформаторов (план одного булет перешлолен уже в 1931 г., когда предполагается оборудование 1040 МТЭС), к-рые обрабатуют до 40 млн. га земли (84,8% всей пахоты 1927/28 г.) и дадут в 1932/33 году в полтора раза больше тоннажа хлеба, чем в 1928/29 году получено по плану Советов ССР.

Надо сказать, что в последнее время рост успеха машинотранспорт. станций и наглядности выгод обобществления сел. х-ва в крупных масштабах открывают новую полосу в настроениях крестьянства: в колхозы пошел середняк, пошел массы, коллективизация начинает охватывать не только отдельные села, но и целые районы. Огромное действие индустриализации и коллективизации сел. хозяйства оказывает развивающаяся в значительных размерах контрактация. Все это ведет к росту машинной техники в деревне. Этот рост рисует такие счет: ежегодный выпуск тракторов в 1932/33 г. будет доведен до 450 000 (в США в 1927/28 г.—400 000); выпуск автомобилей с Нижегородского з-да 280 000 в год; на полях в 1933 г. будет работать 70 000 комбайнов (в США в 1929 г.—60 000)—машины, соединяющих в себе жатку и молотилку одновременно (у нас в проекте два завода комбайнов). Теперь становится уже совершенно очевидным, что, в результате проведения И. таким темпом, за пятилетие целиком будут ликвидированы: товарный голод на предметы потребления, безработица и неграмотность.

Против политики И. имеются три группы возражений. Возражения буржуазных идеологов и неонародников (Кондратьев, Вайштейн, Никитинский, Хаузе, Манно, Мавров) в теории, части представляют собою обоснование преимуществ капитализма, способа хозяйствования перед социалистическим, в практич. части—ряд предложений, к-рые нельзя иначе характеризовать, как программу капитализма, реставрации в СССР. Они предлагают: снизить темп И. страны, сократить капитальное строительство, «использовать и перевести» (Вайштейн), увеличить удельный вес легкой промышленности за счет тяжелой, предоставить «свободу экспорта» для крепкого хозяйства «в пределах превышения плана экспорта» (Кондратьев), прекратить разговоры о классовых группах в деревне: нет кулака, есть крепкие растущие слои деревни (Стянов, Мавров), отказаться от «фландризации» в отношении мелких хозяйств, заменить ставку на бедноту ставкой на крепкое хозяйство («сдерживая рост мощных слоев... лишаемся возможности оказывать реальную помощь самой бедноте»—Кондратьев), дать права кулаку («законотворительно уточнить понятие кулачества»—Кондратьев), «привратить безусловную свободу кооперативных объединений в сельск. х-ве», «создать кредит. объедин. (группы Буракины)» (преимущества для кулака), отменить государственное регулирование рынка, снизить цены за счет снижения номинальной заработной платы рабочих (Вайштейн), допустить «монетизацию» за оставляемому крестьян-ам землю (Хаузе) и т. д. Понятно, что проведение такой программы было бы в результате резкое расхождение в деревне между экономикой и политикой, строительство, ослабление и последующую отмену монополии внешней торговли, разрыв с крестьянством, снижение ведущей роли пролетариата и в конце концов полный взрост капитализма.

Исходя из других теоретич. и политич. взглядов, правые оппортунисты в практич. части своих предложений имеют много общего с буржуазными идеологами и неонародниками, а иногда и прямо их повторяют. Это и понятно, если принять во внимание, что правый уклон в партии «гнет по линии приспособления и буржуазной идеологии, по линии приспособления нашей политики ко вписам и потребностям «современной буржуазии» (Стянов).

Возражения левых (группы Буракины) против политики И. базируются: по политич. линии—на неправильном распространении лозунга о союзе со всем крестьянством (первого из трех лозунгов партии по крестьянскому вопросу) на весь период хозяйственного строительства советской власти; по философской линии—на замене диалектики механистик. толкова-

нием законов общественного развития по типу равновесия. Отсюда—объявление принципа равновесия «высшим критерием в деле планирования», предложение развиваться на уровне места, защита кулака, явление против ускорения строительства совхозов и колхозов, против ускорения темпа И., объявление партии в том, что она осуществите проиндустриализацию страны индустриализации, а именно—против государственного роста тяжелой промышленности, неправильное толкование явления диспропорции в народном хозяйстве и прицип товарного голода, обвинение в военно-феодалной эксплоатации крестьянства и т. д. В действительности мы имеем полный провал всех левых политич. проектов и идеол. принципов, утверждения о том, что колхозный и совхозный секторы в течение многих лет будут играть ничтожную роль в верховном хозяйстве, что крестьянство в колхозы не пойдет, что мы должны будем в ближайшее время резко снизить темпы строительства из-за недостатка строительных материалов и т. д.).

Возражения троцкистов, предсказания к-рых также провалились, базируются на неправильной оценке движущих сил революции, на неверии в революционные возможности крестьянства, на непонимании роли крестьянства в революции, на неверии в революционные силы пролетариата, якобы неспособного бороться за себя и крестьянство и социализму без «государственной» помощи победившего пролетариата развитых капиталистич. государств. Отсюда—объяснение хозяйственных затруднений не из диспропорции в народном хозяйстве, данных нам от прошлого и нами принимаем, а из политики снижения цен, к-рая, по мнению троцкистов, выгода только капиталистич. хозяйств; отсюда—рекомендуемая троцкистами при вынесении средств на И. политика повышения товарных цен; отсюда—утверждение, что борьба идет не между частнокапиталистик. хозяйством и социализмом, государством, а между социализмом, государством и частным хозяйством вообще (туда включается и трудовое крестьянство и кооперация), и утверждение, что социализм победит, когда государственное хозяйство победит частное (в 1923 г. Преображенский писал: «попрет»); отсюда—верование в социализм, сектор кооперации, для к-рой отпущенные цены надо, по мнению троцкистов, установить наравне с частником; отсюда—теоретич. и политич. обоснование «сверхиндустриализации, т. е. надежда у них только на мировую революцию, а не на само рабочее класса с крестьянством, и т. д. Партия не пошла по линии троцкистов, к-рая привела бы к размычку с крестьянством, и понижение покупательной способности рубля, и расстройству финансового и валютного роста крестьянского хозяйства, и уменьшению емкости внутреннего рынка, к срыву социализма, строительства.

Конечно партия, ведущая победоносное социалистическое строительство, испытанная в ряде историч. боев с царем, помещиками и капиталистами, разбившая ряд идейных патаний и уклонов от своей генеральной линии, вскрывшая теоретич. несостоятельность и практич. систему реакционных предложений как откровенно-буржуазных идеологов, так и представителей правого и левого уклонов, уберет со своей дороги всех мешающих идти вперед, не чувствующих подъема энтузиазма рабочих и крестьянских масс и пафоса социалистич. строительства, и будет попрехнему, как указал XIV Съезд партии,

«вести экономич. строительство под таким углом зрения, чтобы Союз Советск. Социализм. Республик из страны, ввозящей машины и оборудование, превратить в страну, производящую машины и оборудование, чтобы таким образом СССР в обстановке капиталистич. окружения отстал не мог превратиться в экономич. предвост. капиталистич. колонию» (т. е. а представлял бы из себя самостоятельную экономич. единицу, строящуюся по-социалистически и способную, благодаря своему экономическому росту, служить могучим средством революционизирования всех стран и угнетенных народов колоний и полуколоний).

Социализм не является уже как «прекрасное далеко», а ощущается как непосредственная реальность, растущая ежедневно, ежесекундно. Социализм уже не за горами. Каких-нибудь 10—15 лет отделяют нас от нового общественного строя, если война и интервенция не отдалят от нас этого об-

щественно-экономич. чуда, о котором в ряде веков мечтало все трудящееся человечество.

Лит.: Маркс К. и Энгельс Ф., Коммунистич. манифест, М.—Л., 1926; Программа и Устав Всесоюзной коммунистич. партии (О), 7 изд., М.—Л., 1928; Ленин И., Собрание сочинений, т. 14, ч. 1—2, Москва, 1924, т. 15, М.—Л., 1925, т. 16, ч. 1—7, М.—Л., 1925, т. 17, М.—Л., 1925, т. 18, ч. 1—2, М.—Л., 1925; Сабоков И. Ч., СССР через 15 лет. Гипотеза генерального плана как плана построения социализма в СССР, 2 изд., М., 1929; Пятилетний план народно-хозяйственного строительства СССР, 2 изд., т. 1, т. 2, ч. 1 и т. 2, 3 и доп. и 3 т., М., 1929; Контрольные цифры на 1929/30 гг., Москва, 1929; Цели, задачи и пути развития города, «ИХ», 1929, 7; Маркс К. и Энгельс Ф., Менделеевские машино-транспорты станции, 2 изд., Москва, 1929; Материалы и пятилетнему плану промышленности ВСНХ СССР на 1928/29—1932/33 гг., т. 1.—Проблемы энергетики; т. 2.—Основные линии технич. реконструкции промышленности СССР, М., 1929; Сталин И. В., Вопросы ленинизма, 6 издание, М.—Л., 1929; Год великого перелома, М.—Л., 1929; Пределы ВСНХ СССР. Рационализация промышленности СССР, М.—Л., 1928; Крижановский И. Г., Пятилетний план народно-хозяйственного строительства СССР. Доклад и заключительное слово на V Съезде Советов СССР, Москва, 1929; Рыков А. К., Крижановский И. Г., Кузнецов В. В., Пятилетний план развития промышленности. Доклады на XVI партконференции, М.—Л., 1929; Молотов В., Социалистич. строительство и противоречия роста, М.—Л., 1929; Леонтьев А., Социалистич. строительство и его критика, 2 изд., М.—Л., 1929; Леонтьев и Хмельницкая, Советская экономика, 2 изд., М., 1929; Крылов С. и Зыков А., О правых опасностях, 2 изд., М.—Л., 1929; Редько Г., «Политические завещания Ленина» в изображении Г. Вухарина, «Большевик», М., 1929, 19; Борилин В., Деяния об «Экономике переходного периода», там же, 1929, 20; Бессонов С., Накопления и резервы (о «Заметках экономиста Г. Вухарина», там же, 1929, 20; Кошанов А., О содержании понятия «равновесие производства», «Проблемы экономики», М., 1929, 1; Леонтьев В. и Шалимов И., И. В. Ильинские идеи правого оппортунизма, «Под знаменем марксизма», М., 1929, 9; Леонтьев А., Закон трудовых затрат, М., 1929; Стенографич. отчеты: XIV съезда ВКП(б), 2 изд., М.—Л., 1928; XV съезда ВКП(б), М.—Л., 1928; XIV партконференция, М.—Л., 1925; XV партконференция, М.—Л., 1927; XVI партконференция, М.—Л., 1929; «Проблемы экономики», М.; «ИХ», «Пути индустриализации», М.; «Большевик», М.; «Под знаменем марксизма», М.; «Социалистическое хозяйство», М.; «Экономическое обозрение», М.; «Экономическая жизнь», М.; «Торгово-промышленная газета», М.; «Правда», М.; «Ивестия», М.; «Сельскохозяйственная газета», М.; «Кооперативная жизнь», М.; «Труд», М.

**ИНЕРТНЫЕ ГАЗЫ**, общее название газообразных элементов нулевой группы периодической системы. См. *Благородные газы*.

**ИНЕРЦИЯ**, свойство массы удерживать свое состояние покоя или прямолинейного равномерного движения.

1-й закон Ньютона гласит: «Всякое тело удерживает свое состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения, если оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние» [1]. Т. о. неподвижная масса сопротивляется переходу в состояние движения, а двигающаяся масса сопротивляется изменению: а) направления и б) величины своей скорости. Появляющаяся при этом сила сопротивления массы есть сила И. Она пропорциональна и противоположно направлена ускорению движения массы. Т. к. при изменении скорости по направлению получается центростремительное ускорение  $j_0 = \frac{v^2}{r}$ , то масса  $m$  проявляет центробежную силу инерции  $I_0 = -m \frac{v^2}{r}$ . При изменении же величины скорости возникает тангенциальное ускорение  $j_t = \frac{dv}{dt}$  и тангенциаль-

ная сила И.  $I_t = -m \frac{dv}{dt}$ . Здесь  $v$  — скорость центра массы, а  $r$  — радиус кривизны его траектории. Полное ускорение точки складывается геометрически из переносного, относит. и поворотного (Кориолиса). Поэтому возможны: тангенциальная и нормальная (центробежная) силы И. тела в переносном или относительном движении, сила И. его в поворотном движении  $I_p = m \cdot 2\omega v \sin \alpha$  (см. *Ускорение Кориолиса*) и т. п.

Хотя силы И. возникают во время движения системы, однако, по д'Аламберу, они уравниваются со всеми остальными силами, действующими на систему, и поэтому их можно включать в уравнения равновесия:

$$\sum (X_i + m \frac{d^2x_i}{dt^2}) = 0, \quad \sum (Y_i + m \frac{d^2y_i}{dt^2}) = 0, \\ \sum (Z_i + m \frac{d^2z_i}{dt^2}) = 0.$$

Здесь  $X, Y$  и  $Z$  обозначают силы, действующие на систему по осям  $x, y$  и  $z$ , а индексы  $i$  сокращенно изображают ряд однородных величин с индексами 1, 2, 3 и т. д. Если сила И.  $I$  имеет плечо  $q$  по отношению к данной точке, то  $I \cdot q$  называется моментом силы И. Интегралы

$$\int_0^l dm \cdot q^2 = \theta_x \quad \text{и} \quad \int_0^l dF \cdot q^2 = I_x$$

выражают соответственно моменты И. массы и площади относительно оси  $x$ .

Пусть рычаг  $AB$  (фиг. 1) вращается вокруг оси  $O$  неравномерно, причем имеется угловое ускорение  $\frac{d^2\alpha}{dt^2}$ . На радиусе  $q$  от оси вращения выделим элемент массы  $dm$ . Так как дифференциальное перемещение этой массы  $ds = q \cdot d\alpha$ , то элементарная тангенц. сила И.

$$dI = dm \cdot \frac{d^2s}{dt^2} = dm \cdot q \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2}$$

Дифференциальный момент этой силы относительно оси вращения

$$dM_u = dI \cdot q = dm \cdot q^2 \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2}$$

откуда

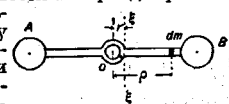
$$M_u = \int_0^l dm \cdot q^2 \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} = \theta \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} = \theta \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

Ур-ие прочности относительно сечения  $\xi$ — $\xi$ :

$$M_u = W \cdot \sigma = \frac{I}{\sigma} \frac{d\omega}{dt} (\theta - m r^2 \sigma)$$

Здесь видна конкретная связь между моментом силы И., моментом И. поперечного сечения бруса и моментом И. массы его. Пусть  $\theta = m \cdot r^2$ ; в таком случае  $\alpha$  называется радиусом инерции.

И. в машинах проявляется во всей сложности, в особенности в периоды разгона и торможения машин. Кроме того у большинства механизмов, даже при равномерном движении вращающегося вала, звеня двигаются с пульсирующими скоростями, вследствие чего имеет место непрерывная игра сил И. Вычисление И. в машинах приходится вести особым образом для каждой детали, имеющей свое собственное движение, причем можно отметить три



Фиг. 1.

характерных случаях: а) все точки звена перемещаются параллельно друг другу с равными ускорениями, б) все точки вращаются около одной оси и в) каждая точка звена имеет свое ускорение по величине и по направлению. Случаи (а) и (б) встречаются, наприм, в аккиажах, когда корпус аккиажа перемещается поступательно, а колеса его вращаются: так напр., решается вопрос об инерционном сопротивлении поезда. Пусть  $G$  — вес состава,  $v = \frac{ds}{dt}$  — его скорость,  $R$  — радиус колес,  $n$  — число осей,  $\theta$  — момент И. массы одной оси вместе с двумя колесами. Тогда И. поступательного движения

$$I = \frac{G}{g} \cdot \frac{d^2s}{dt^2} = \frac{G}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

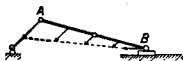
Суммарный вращающий момент от сил инерции колес

$$M_{\text{и.}} = n \cdot \theta \cdot \frac{dv}{dt} = n \cdot \frac{\theta}{R} \cdot \frac{dv}{dt}$$

Следовательно сила тяги, потребная на преодоление И. поезда,

$$P_{\text{и.}} = \left( \frac{G}{g} + n \cdot \frac{\theta}{R^2} \right) \cdot \frac{dv}{dt}$$

Примером для случая (в) может служить обыкновенный шатун механизма паровой машины. Каждая точка такого шатуна (фиг. 2) имеет свое собственное ускорение по величине и по направлению, благодаря чему И. приходится учитывать по поступательному движению центра массы и по вращению шатуна около этого центра. В последнее время особенно часто применяется метод замены распределенных масс шатуна группой масс сосредоточенных. Эти последние очевидно должны удовлетворять условиям статики и динамики. Именно, для плоских механизмов



Фиг. 2.

имеем 4 таких условия, и следовательно достаточно взять 4 сосредоточенные массы на шатуне. Пусть  $M$  — масса всего шатуна  $M_1, M_2, M_3, M_4$  — сосредоточенные массы,  $k$ -рмы заменяется распределенная масса  $M$ . Координаты 4 масс:  $x_1, y_1; x_2, y_2; x_3, y_3; x_4, y_4 = 0$ . Расстояния их до ц. т. соответственно:  $a, b, c$  и  $\theta$ . Тогда

$$\begin{aligned} M_1 + M_2 + M_3 + M_4 &= M, \\ M_1x_1 + M_2x_2 + M_3x_3 &= 0, \\ M_1y_1 + M_2y_2 + M_3y_3 &= 0, \\ M_1a^2 + M_2b^2 + M_3c^2 &= \theta, \end{aligned}$$

где  $\theta$  — момент И. массы шатуна относительно его ц. т. При симметричных шатунах одно из ур-ий этой группы выпадает, благодаря чему остаются только три ур-ия, и следовательно достаточно брать всего три сосредоточенные массы. В этом случае получается:

$$\begin{aligned} M_1 + M_2 + M_4 &= M, \\ M_1a + M_2b &= 0, \\ M_1a^2 + M_2b^2 &= \theta. \end{aligned}$$

Обычно  $M_1$  помещают в пальце кривошипа,  $M_2$  — в головке крещкопфа, а  $M_4$  — в ц. т. шатуна. Скорости и ускорения этих трех точек определяются при любом расположении механизма при помощи планов скоростей и ускорений. Таким образом получаются силы И. этих масс.

В нек-рых случаях, когда движение детали координируется не по времени, а по пространству, удобно устанавливать связь силы

И. с кинетической энергией этой детали. Действительно, кинетическая энергия

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Дифференцируя это выражение:

$$dE = mv \cdot dv = m \cdot \frac{ds}{dt} \cdot dv,$$

где  $v$  — скорость, а  $s$  — путь исследуемой точки, получаем:

$$\frac{dE}{ds} = m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot j = I.$$

Т. о. сила И. равна производной кинетической энергии по пройденному пути.

У современных быстроходных машин силы И. достигают нередко очень больших величин. Для примера определим силу И. паровой турбины. Пусть масса ее имеет по отношению к оси вращения эксцентриситет всего в 1 мм, вес диска 20 кг, а число оборотов  $n = 20\,000$ . Тогда

$$I_c = m \cdot \omega^2 \cdot \rho = \frac{20\pi^2 \cdot 20\,000^2}{981 \cdot 30^2} \cdot 0,1 \approx 9\,000 \text{ кг.}$$

Сила эта настолько велика, что очевидно даже самый малый эксцентриситет в 1 мм создает непреодолимые трудности в построении прочных размеров для таких быстроходных валов. Как известно, вместо прочных валов в таких случаях конструируют гибкие валы (см. *Вибрации*). Известно не мало случаев взрыва маховиков под действием центробежной силы. Поверочный расчет на разрыв по диаметральному сечению в этом случае дает:

$$\sigma = \frac{R^2 \cdot \delta \cdot \omega^2}{g}$$

Так, при  $R = 200$  см,  $n = 300$  и  $\delta = 7,2$ , получим  $\sigma \approx 250$  кг/см<sup>2</sup>. Такое напряжение для чугуна можно считать недопустимым. Обратно, из той же ф-лы при  $\sigma = 100$  кг/см<sup>2</sup> получается предельная окружная скорость маховика  $v = 36$  м/сек.

Лит.: 1) Newton I. Philosophiae naturalis principia mathematica. 2-й вариант перев. А. Крылова, «Известия Морской академии», II, 1915. А. Малинов.

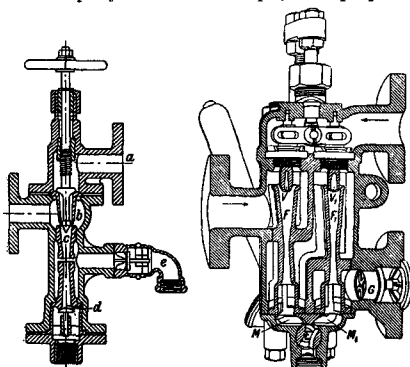
**ИНЖЕКТОРЫ**, струйные насосы, применяемые для нагнетания (инжекторы), подъема (элеваторы), отсасывания (экстрактеры) и вообще перемещения жидких и газообразных тел.

Рабочим телом в струйном насосе м. б. жидкое, паро- или газообразное тело. Рабочий процесс струйного насоса может протекать без изменения или, наоборот, с изменением физич. состояния рабочего тела, напр. с конденсацией рабочего пара, приходящего в соприкосновение с холодной перемещаемой жидкостью. В последнем случае располагаемый для совершения нужной работы количеством энергии будет не только живая сила струи, но и та работа, к-рую производит внешнее давление при сокращении объема конденсирующегося рабочего пара. Поэтому-то паровыми И., предназначенными для питания водой паровых котлов, можно создавать в напорной водной линии давление большее, чем давление рабочего пара. Другими словами, беря пар из котла, можно этим паром нагнетать воду в этот же котел, преодолевая добавочные сопротивления в питательном трубопроводе. Механический кпд струйного насоса вообще очень низок; поэтому такие насосы применимы или там, где

есть в избытке паровая энергия, или же там, где удобно применения отодвигает на задний план их неэкономичность.

Струйные насосы благодаря надежности их действия незаменимы в качестве резервных установок, всегда готовых к действию (напр. на судах для откачки воды из трюмов). Там же, где одновременно с механич. работой нужно или можно с пользой для дела нагреть перемещаемое вещество путем прямого смешивания его с рабочим телом, струйный насос приобретает все преимущество, так как в этом случае его низкий механический КПД не играет никакой роли, в виду полного использования всей остаточной энергии рабочего тела.

Паровой питательный И. в простейшем его виде изображен на фиг. 1. Через штуцер *a* к И. из котла подводится пар, который, пройдя через сопло *b*, поступает с большой скоростью в смесительный насадок *c*. Благодаря засасывающему действию струй пара, а также конденсации пара, в смесительном насадке создается разрежение, заставляющее воду из коробки И. устремляться в насадок. Из смесительного насадка струя смеси воды и конденсата с большой скоростью входит в расширяющееся сопло или диффузор *d*, к-рый служит для преобразования энергии скорости (кинетич. энергии) в энергию давления (потенциальную энергию). Давлением струи, выходящей из диффузора, приподнимается питательный обратный клапан, и вода получает доступ в котел. Между смесительным насадком и диффузором оставляется щель, через к-рую при пуске И. будут иметь выход избыточные пар и вода; для удаления их предназначена труба *e* с имеющимися на ней обратным клапаном. При пуске И. требуется меньше пара, чем при рабо-



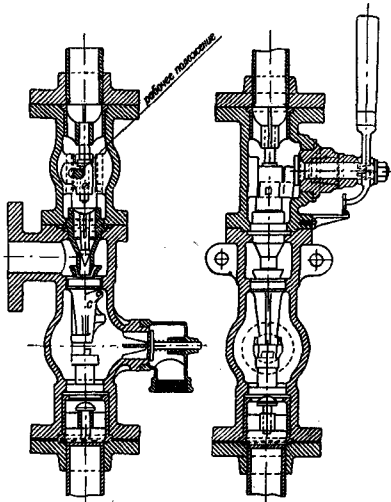
Фиг. 1.

Фиг. 2.

те последнего полным ходом, поэтому сопло *b* снабжено регулирующим приспособлением.

Универсальный паровой И. Особенной надежностью отличается универсальный паровой И. а-д-бр. Кертинг в Ганновере (Германия), изображенный на фиг. 2. Все операции по приведению этого И. в действие производятся движением одной рукоятки. Начиная перемещать рукоятку из крайнего ее положения, соответствующего нерабочему

состоянию И., приоткрываем сперва малый паровой клапан *V* и т. о. включаем левый, вспомогательный И., которым производится всасывание воды из приемного резервуара. Воссанная вода выбрасывается обратно в



Фиг. 3.

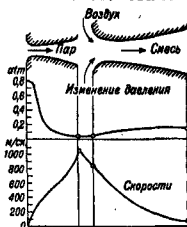
приемный резервуар через насадок *F* и канал *M* и открыт кран *E*. Двигая рукоятку далее, закрываем канал *M*. Тогда вода устремляется по обводному внутреннему каналу ко второму паровому И., входит в насадок *F*, с нек-рым давлением и вытекает из и. через канал *M*, и кран *E*. В то же время начинает приоткрываться большой паровой клапан *V*, чем вводится в действие второй, правый И. Полное открытие вентиля *V*, будет связано с полным закрытием краном канала *M*, через к-рый воссанная вода выливалась в приемный резервуар. После этого для воды останется один только выход в напорную трубу через обратный клапан *G*.

Саморегулирующийся И. фирмы Шеффер и Буденберг в Магдебурге (Германия) изображен на фиг. 3. Особенностью этого И. является клапан *C* на смесительном насадке. Клапан этот висит на шарнире и присасывается к смесительному насадку только при наличии разрежения в последнем. Если вследствие попадания воздуха во всасывающую трубу прекращается подсосывание воды И., то клапан *C* отпадает от смесительного насадка и открывает боковое отверстие для выхода пара и воздуха через обратную трубу. Если подсосывание воды возобновляется, то клапан *C* опять присасывается к смесительному насадку и И. автоматически начинает работать нормально. Таким образом нарушение всасывания не влечет за собой необходимости выключать и снова включать И.

В качестве питательных приборов паровые И. применяются в паровозах, локомотивах и мелких стационарных котельных

установках. В крупных котельных установках питательная вода обычно подогревается за счет тепла охлаждающих газов, а потому применение И. становится нецелесообразным.

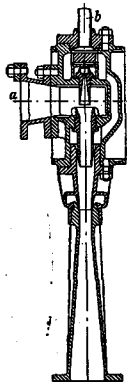
Паровыми И. довольно широко пользуются для нагнетания воздуха в топочные поддувала при сжигании антрацита. Расход пара на инжектор нередко достигает при этом 6—8% от общей паропроизводительности котлов. Такое применение паровых И. оправдывается только в тех случаях, когда антрацит, вследствие легковлажности



Фиг. 4.

зола, на сухом дутье сжигать невозможно. В паровозах паровым И., или т. н. конусом, создается сильная тяга в трубе. Незкономичность парового И. в этом случае не играет роли, т. к. мятый пар из машины паровоза другого назначения не имеет.

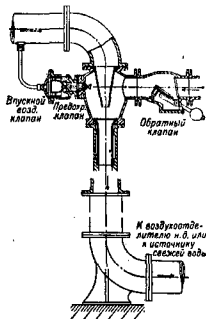
П а р о с т р у й н ы е аппараты в последнее время с успехом применяются в качестве воздушных насосов в конденсационных установках при паровых турбинах. Рабочим паром в этом случае служит или мятый пар от вспомогательной турбины, с давлением ок. 1 атм, или даже свежий пар. Тепло пара, прошедшего И., используется для нагревания конденсата, идущего на питание котлов. На фиг. 4 дана диаграмма рабочего процесса пароструйного И. На фиг. 5 представлен двойной пароструйный воздушный насос системы Гофера. Пар, поступающий через трубку *b*, протекает последовательно через два сопла, из к-рых первое имеет круглое, а второе — кольцеобразное сечение. В первом сопле пар расширяется до давления  $p_1$ , под которым притекает воздух. После того как в первом диффузоре давление переходит в  $p_2 > p_1$ , выходящий из кольцевого сопла пар засасывает воздух, поступающий из трубки *a*, и нагнетает его во второй диффузор, в котором достигается конечное давление  $p_3$ . Коробка из листового металла, вставленная в камеру всасывания, имеет задачей изолировать всасываемый воздух от горячих стенок корпуса инжектора. Между коробкой и стенками инжектора во время работы инжектора образуется разреженное пространство, которое также оказывает изолирующее действие.



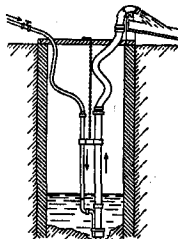
Фиг. 5.

В о д о с т р у й н ы е инжекторы применяются в качестве воздушных насосов в конденсационных установках при паровых турбинах. Смесью пара и воздуха всасывается водяной струей, выходящей из насадки со скоростью 20—30 м/сек. Так как вследствие конденсации пара, а также преобразования в тепло энергии вихревых движений в струе, вращающихся при прохождении воды через центро-

бежный насос и диффузор,  $t^\circ$  рабочей воды повышается, то при необходимости пользоваться ограниченным количеством циркулирующей воды следует принимать меры к ее охлаждению. Даже при небольшом повышении температуры рабочей воды существенно падает производительность И. и ухудшается разрежение в конденсаторе. Если через И. пропустить всю воду, протекающую через конденсатор, то вода к И. может быть под-

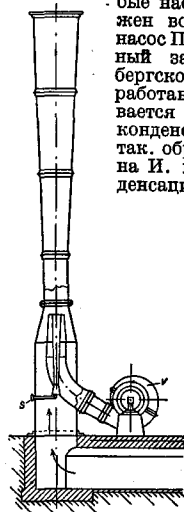


Фиг. 6.

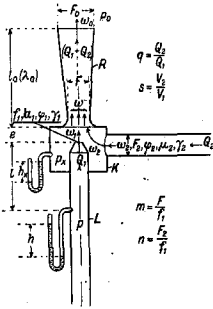


Фиг. 7.

ведена с небольшой скоростью—ок. 25 м/сек; особого насоса при этом не требуется, и вода прокачивается через И. циркуляционным насосом. При малых количествах рабочей воды требуются большие скорости (порядка 60 м/сек), для создания к-рых требуются особые насосы. На фиг. 6 изображен водоструйный, воздушный насос Пауля Мейера, выполненный заводом Аугсбург-Нюрнбергского об-ва (Германия). Отработавшая в И. вода выбрасывается в канал, подводящий к конденсатору свежую воду, и так. обр. особого расхода воды на И. не требуется. Если конденсационная установка работа-



Фиг. 8.



Фиг. 9.

ет с обратным охлаждением, то напора, требующегося для подачи воды на градирню (обычно около 6 м) и создаваемого циркуляционным насосом, бывает достаточно для действия И. Отработавшая И. вода направляется в этом случае в трубу, отводящую воду из конденсатора. Отсосанный И. воз-

дух выделяется из воды уже на градирне. Другое практич. применение (очистение колодцев) водоструйных И. показано на фиг. 7.

Газоструйные И. Простейший пример представляет широко распространенная в лабораторной практике газовая горелка Бузына. Газоструйные И. находят также применение при устройстве дымососов т. н. непрямого действия (фиг. 8); здесь работа производится воздухом от вентилятора  $v$ , но предусмотрена запасная паровая тяга  $s$ .

Основными уравнения рабочего процесса струйного И., работающего без изменения физич. состояния рабочего тела, даются ниже по Пфотенгауеру. В приводимых ф-лах приняты обозначения, указанные на фиг. 9 и в следующей таблице:

4) Клд И., предназначенного для сообщения ускорения перемещаемому телу,

$$\eta_b = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} \left( \frac{v_0}{v_1} \right)^2 = \left[ \frac{F_0}{F_1} \frac{1 + \lambda}{m} \right]^2 \cdot (1 + q).$$

Клд И., предназначенного для подъема или нагнетания перемещаемого тела,

$$\eta_p = \frac{V_2 \cdot h_x}{Q_1 \int v dp} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot q = \frac{h_x}{\frac{p}{\gamma_1 \int v dp}} = s \cdot \frac{h_x}{\gamma_1 \int v dp}$$

Коэффициент потерь

$$\beta = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{F}{F_0} \right)^2 + \frac{\lambda_0 l_0}{2(D + D_0)} \left( 1 + \frac{F}{F_0} \right)^2 \right].$$

Коэф.  $\beta$  увеличивается под влиянием процессов превращения работы в тепло, имею-

Места, в которых относятся обозначения	Диаметр в мм	Площадь попер. сеч. в м <sup>2</sup>	Средняя скорость в м/сек	Коэф. снятия струи	Коэф. потери скорости	Коэф. расхода
Отверстие сопла . . . . .	$d_1$	$f_1$	$w_1$	$\alpha_1$	$\varphi_1$	$\mu_1$
Отверстие веслав. трубы . . . . .	$D_2$	$F_2$	$w_2$	$\alpha_2$	$\varphi_2$	$\mu_2$
Входное отверстие диффузора . . . . .	$D$	$F$	$w$	—	—	—
Выходное отверстие диффузора . . . . .	$D_0$	$F_0$	$w_0$	—	—	—

причем  $p, p_0$ —абс. давления в кг/м<sup>2</sup> или мм вод. ст.;  $v$ —удельный объем в м<sup>3</sup>/кг;  $\gamma$ —вес 1 м<sup>3</sup> в кг;  $l$ —длина в м,  $\lambda_0$ —коэф. трения о стены в диффузоре;  $Q$ —секундный расход вещества по весу в кг;  $Q$ —секундный расход вещества по объему в м<sup>3</sup>;  $\beta$ —коэф. потерь.

1) Относительный вес перемещаемого вещества

$$q = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{-\beta \left( 1 + \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \right)}{\beta + \frac{1}{2} \left( \frac{m}{n \cdot \mu_2} \right)^2 - \frac{m}{m-1}}$$

$$+ \sqrt{\left[ \frac{\beta \left( 1 + \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \right)}{\beta + \frac{1}{2} \left( \frac{m}{n \cdot \mu_2} \right)^2 - \frac{m}{m-1}} \right]^2 + \frac{\gamma_2 \left( \frac{m}{m-\beta} \right)}{\beta + \frac{1}{2} \left( \frac{m}{n \cdot \mu_2} \right)^2 - \frac{m}{m-1}}}$$

относительный объем перемещаемого вещества  $s$  равен

$$s = \frac{V_2}{V_1} = \frac{Q_2 \cdot \gamma_1}{\gamma_2 \cdot Q_1} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot q.$$

2) Относительное разрежение всасывания

$$\frac{h_x}{\gamma_1 \int v dp} = \left( \frac{\mu_1}{n \cdot \mu_2} \right)^2 \cdot \left\{ \frac{-\beta \left( \sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma_2}} + \sqrt{\frac{\gamma_2}{\gamma_1}} \right)}{\beta + \frac{1}{2} \left( \frac{m}{n \cdot \mu_2} \right)^2 - 1} + \sqrt{\left[ \frac{\beta \left( \sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma_2}} + \sqrt{\frac{\gamma_2}{\gamma_1}} \right)}{\beta + \frac{1}{2} \left( \frac{m}{n \cdot \mu_2} \right)^2 - 1} \right]^2 + \frac{m - \beta}{\beta + \frac{1}{2} \left( \frac{m}{n \cdot \mu_2} \right)^2 - 1}} \right\}$$

3) Удельный расход силы на 1 кг перемещаемого веса, на 1 мм вод. ст. (или 1 кг/м<sup>2</sup>) разрежения всасывания и на 1 м<sup>3</sup> удельного объема рабочего вещества

$$N = \frac{N_0 \cdot \eta \cdot \gamma_1}{Q_1 \cdot h_x} =$$

$$= \frac{1}{76q} \left\{ \frac{\left( \frac{m}{\gamma_1} \right)^2}{2\eta^2 \left[ \left( \frac{m-\beta}{\gamma_2} \right) - q^2 \frac{\gamma_1}{\gamma_2} (\beta-1) - q\beta \left( 1 + \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right) \right]} - 1 \right\}$$

щих всегда место в выкидной трубе. Явление это парализуется тем, что этой трубе придают форму расширяющегося конуса. С увеличением  $\beta$  быстро растет затрата работы, которая при прочих равных условиях будет тем меньше, чем больше удельный вес рабочей массы.

Лит.: P f o t e n h a u e r H., Der Energiebedarf v. Injektoranlagen, «Ztschr. d. Bayer. Dampfeschreibvereines», 1915, H. 16—20; Z e n n e r G., Kolorimetrische Untersuchung d. giftigen Dampfstrahlpumpe. Techn. Thermodynamik, B. 2, Leipzig, 1906; S c h r a u f, Untersuchungen über d. Arbeitsvorgang im Injektor, «Mitt. Forsch., B., 1909.

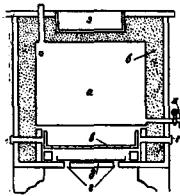
**ИНКРУСТИРУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА**, название, впервые введенное французским ученым А. Рауен'ом (1824 г.) для обозначения всей органической части растительной ткани, удаляемой при выделении чистой клетчатки (целлюлозы). Последняя, в противоположность И. в., получила название основного вещества (Grundsubstanz). К числу И. в. следует отнести прежде всего лигнин, а также пектины и гемицеллюлозы (пентозаны, метилпентозаны и гекозаны). E. Schmidt (1921 г.) предложил классификацию, основанную на отношении растительного вещества к растворам двуокиси хлора (ClO<sub>2</sub>) в воде или уксусной кислоте. Он различает инкрусты, растворимые в этом реактиве, и скелет, нерастворимый в нем. Однако такое деление, основанное на действии одного специфического реактива, вряд ли имеет преимущество перед определением И. в., данным А. Рауен'ом в связи с их ролью—связывающих и наполняющих веществ в тканях растений. Это определение находится в полном соответствии с новейшими исследованиями Г. Амброна, К. Гесса и Р. Герпта, показавшими, что И. в. связаны с клетчаткой механически (а не химически), как бы покрывая ее пленкой.

Лит.: F u c h s W., Die Chemie d. Lignins, B. 1928; H e s s K., Die Chemie d. Zellulose und ihrer Begleiter, Lpz., 1928. В. Комаровский.



**ИНКУБАТОРЫ**, приборы, предназначенные для вывода птенцов из яиц без наседок. Сущность их действия сводится к тому, что яйца подгреваются до известной  $t^{\circ}$ , что и вызывает развитие заключенного в яйце зародыша. Существует множество систем И., к-рые различаются между собою лишь деталями, но в которых неизменно повторяются основные черты, свойственные всем системам. Основными частями И. являются деревянный ящик и находящиеся внутри его: плоский ящик для яиц, обогреватель в виде бака или труб, термометр, овлажнитель и регулятор  $t^{\circ}$ . Последние две части могут отсутствовать. По характеру обогревателей, нагревающих воздух внутри И., последние делятся на И. водяные (или гидроинкубаторы), гидровоздушные и воздушные. Гидроинкубаторы в свою очередь делятся на два типа; в одних источник тепла, нагревающий воду, находится вне инкубатора, в других он находится при И.

Типичным и наиболее простым гидроинкубатором с источником тепла, находящимся вне его, является И. системы Арну-Рувье (фиг. 1). Главную часть И. составляет бак  $a$  из оцинкованного железа емкостью в 5—6 ведер. Бак изолирован 10-см слоем  $b$  какого-либо плохого проводника тепла (опилки, просеяная лузга). Бак наполняется кипятком, причем  $t^{\circ}$  воды, вливаемой в бак, обычно при переливании бывает равной  $95-96^{\circ}$ . Этот запас горячей воды и служит источником тепла для инкубируемых яиц, которые помещаются непосредственно под баком в один ряд в плоском ящичке  $c$ , выдвигающемся через боковые дверцы. Дно ящичка сделано решетчатым, для того чтобы  $CO_2$ , образующаяся как результат обмена



Фиг. 1.

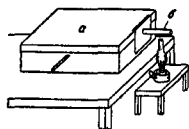
на веществ зародышей, могла беспрепятственно вытекать из ящичка. Для удаления ее из теплой камеры И. в дне последней просверлено несколько отверстий  $g$ . Непосредственно под ящичком для яиц находится на низеньких подставочках плоский жестяной противень  $d$ , на который насыпают слой чистого песка, прокаленного для обеззараживания и всегда поддерживаемого во влажном состоянии с целью овлажнения воздуха окружающего яйца. Для притока свежего воздуха в теплую камеру в боковых стенках имеются отверстия  $e$ , снаружи прикрываемые подвижной линией  $f$  с соответствующими отверстиями. Для выпуска воды имеется кран  $ж$ . Термометр кладут между яйцами на брусочек так, чтобы ртутный шарик находился на одном уровне с верхними поверхностями яиц. Над баком устроена сушилка  $з$  для цыплят.

Гидроинкубаторы, в к-рых одна и та же вода постоянно подогревается в самом И., имеют бак гораздо меньший и источник тепла при самом И.

В И. сист. Дробышевского (фиг. 2) вместо бака имеется плоская коробка  $a$  такой

величины, как ящик с яйцами, высотой 4—5 см. С одной стороны этой коробки имеется выходящий из наружного ящичка выступ  $b$  длиной 20—25 см и шириной 10 см; под него ставят керосиновую лампу. Непрерывно циркулирует из выступа в коробку и обратно, вода все время поддерживается теплой и греет помещенные под коробкой яйца.

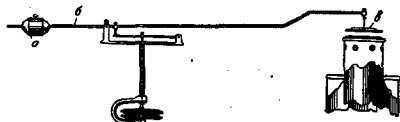
Опуская лампу ниже или выше, увеличивая или уменьшая огонь, можно установить в ящичке для яиц необходимую  $t^{\circ}$  (около  $37^{\circ}$ ). Лампа должна гореть непрерывно в течение всего времени высживания. Таким способом можно устроить лишь небольшой и самый примитивный И. на 50—70 яиц. При больших размерах нужны более сложные устройства выступа бака и самой лампы.



Фиг. 2.

Описанные здесь два И. являются прототипами очень многих систем и настолько просты, что их сделает по рисунку любой столяр, а жестяник может спаять бак. У всех прочих систем с обогревателями простой выступ бака развивается в кольцеобразный сосуд (наподобие самовара), через внутреннюю трубу к-рого проходят продукты горения и горячий воздух от расположенной ниже лампы. Сверху эта внутренняя труба прикрывается крышкой, соединенной с регулятором. Во всех ламповых гидроинкубаторах источник тепла (лампа, печь) расположен при самом И., в противоположность И., построенным по типу Арну-Рувье, где источник тепла с И. не связан (самовар, русская печь, котел и т. п.). Наиболее распространен И. с трубами, наполненными водой, так как вода, нагреваясь медленнее, чем воздух, медленнее и остывает, благодаря чему, в случае неисправности лампы,  $t^{\circ}$  воздуха внутри И. не так быстро падает.

В больших инкубаторах на несколько тысяч яиц источником тепла служит обычно угольная печь или даже несколько печей. Все эти И. с обогревателями нуждаются в т. н. регуляторах, потому что лампа или печь дают тепло неравномерно и, главное, могут поднять температуру в И. настолько, что вместо высживания вызовут гибель всех зародышей. Чтобы этого не случилось,



Фиг. 3.

устанавливают внутри И. регулятор (наприм. мер системы Сарториуса, фиг. 3), и именно там, где находится ящик с яйцами. Главной частью регулятора является небольшой барабанчик  $a$ , сделанный из очень тонкой меди с рифлеными стенками. В нем залита смесь из эфира и спирта, к-рая при соответствующей температуре вскипает. При этом стенки вздуваются, и движение это передает-

ся упирающемуся в барабан стерженьку б, связанному с целым рядом сочлененных рычажков, при помощи которых регулируется открывание крышки в над лампой. Сложность регуляторов, их хрупкость, благодаря чему всегда возможны поломки или просто неисправность действия, заставляют считать регуляторы наиболее слабой частью каждого инкубатора.

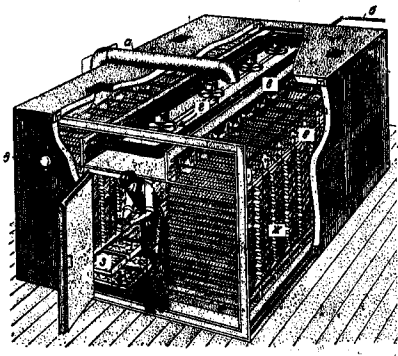
В Америке в настоящее время б. ч. употребляют систему регуляторов, устроенных так. обр.: две пружины из стали или другого металла, согнутые под углом, соединяются так, что приходится вместе или углы или, наоборот, свободные концы; один конец этой двойной пружины удерживается неподвижно, другой остается подвижным. Когда пружина нагревается, то вследствие расширения металла она удлиняется, и концы ее начинают расходиться; это движение свободного конца передается крышке над лампой. Такие регуляторы гораздо прочнее. Большие, на много тысяч яиц, И., изготовляемые гл. образом в Америке, состоят из группы сравнительно небольших И., соединенных общим основанием и обогреваемых от одного источника тепла. Применяется обычно угольная топка. Регулировка тепла в этих И. (так наз. мамонтовых) происходит двумя путями: с одной стороны, в каждом отдельном маленьком И. (секции) имеется свой пружинный регулятор, действующий однако не на источник тепла, а просто открывающий или закрывающий широкое вентиляционное отверстие, через которое и выходит излишек теплого воздуха; с другой стороны, регулировка источника тепла происходит при посредстве самой горячей воды, циркулирующей по трубам, проходящим по всем секциям И. При нагревании воды в И. в открытых вертикальных стоящих концах труб уровень ее в зависимости от нагрева изменяется. Движение уровня воды при помощи поплавков передается системой рычагов к поддувалу печи, к-рое соответственно открывается или прикрывается. В зависимости от притока воздуха усиливается или уменьшается жар печи, вследствие чего изменяется  $t^{\circ}$  воды в трубах, а затем и  $t^{\circ}$  внутри секций И.

Наконец существуют еще регуляторы электрические, сущность к-рых сводится к следующему. В трубочку термометра, помещенного в камеру И., впаяны платиновые проволочки-контакты против деления шкалы, соответствующего предельной  $t^{\circ}$ . Когда столбик ртути подходит к этим контактам, ток от батареи замыкается, электромагнит притягивает свой якорь, и движение это передается крышке над лампой. Когда  $t^{\circ}$  падает, ток размыкается, и регулятор возвращается в свое первоначальное положение. Регулятор этот очень сложен, дорог, кроме того несовершенен и часто портится (столбик ртути часто застревает на контактах и не падает).

В очень многих системах И. имеются так назыв. увлажнители, назначение к-рых поддерживать внутри камеры И. достаточную степень влажности. Яйца путем испарения выделяют довольно большое количество влаги, значительная часть которой уносится

через вентиляторы, и воздух в И. становится чрезмерно сухим. Это обстоятельство влечет за собой или чрезмерное испарение влаги из яиц и сгущение белка или высыхание подкормочной пленки, что делает ее не газопродонной и лишает зародыш необходимого ему кислорода. Увлажнение воздуха достигается тем, что внутри камеры И., обычно под яйцком с яйцами, ставится низкий противень (лист оцинкованного железа с загнутыми краями), наполненный чистым, предвременно прокаленным в печи песком, к-рый всегда поддерживается влажным путем поливки теплой водой. Так устроены увлажнители у водяных инкубаторов, у некоторых ламповых, воздушных, напр. системы Преера. Иногда влага доставляется в камеру И. особым испарителем с широким фитилем, получающим нагрев непосредственно от лампы (И. системы Стефенса). Многие И. увлажнителя не имеют, и влажность воздуха в них достигается помещением такого И. в достаточно влажном воздухе специального подвального помещения, так наз. инкубатория (большинство современных американских систем). В очень многих И. в яйцках для яиц имеются различные очень простые и остроумные приспособления для одновременного переворачивания всех яиц. В настоящее время наибольшее распространение получили америк. И. Среди них следует отметить наиболее хорошо работающие И. системы Сайферса, нагреваемые воздухом. Характерно для них то, что труба, к-рая проходит над яйцами, заключена в свою очередь в деревянную трубу, имеющую две узких прорези, через к-рые воздух опускается вниз, и нагревание происходит равномерно. Большое распространение в последнее время получил гидровоздушный И. сист. Бокей. В нем нагревается лампой вода, распределяющаяся над яйцами с яйцами по целой сети труб, к-рые могут покрывать собой значительное пространство. Поэтому эти И. можно строить на большое количество яиц—на 600, 900, 1 200 шт. У них совершенно отсутствует увлажнитель, потому что в Америке пользуются достаточно влажным помещением для инкубатория. Однако у нас они работают очень плохо, если не поддерживать влажность в помещении искусственно, накладывая под И. слой песка (в 10 см), который поливается водой. Можно также под каждое решето с яйцами поставить увлажнитель обычного типа. При таких дополнениях эти И. работают хорошо. Фабрика Бокей в США (Огайо, Спрингфилд) строит громадные многоякорные (до 10 этажей) инкубаторы по совершенно оригинальной системе. На фиг. 4 дана установка многоякорного И. Подача свежего воздуха в нем осуществляется через специальную подводящую трубу а. Согревание воздуха в И. производится теплой водой, циркулирующей по трубам б, расположенным в центральной части И. В случае необходимости понижения  $t^{\circ}$  воздуха в И. может быть произведено охлаждение при помощи охлаждающей установки в, по трубам которой циркулирует холодная вода. Регулировка  $t^{\circ}$  в И. достигается применением электр. вентиляторов г. На наружной

стене камеры для наблюдения за темп-рой внутри И. имеется контрольный аппарат  $\delta$ , весьма чувствительный к изменениям  $t^\circ$ . В этом инкубаторе совершенно оригинальным является приспособление  $\epsilon$  для одновременного наклона на  $45^\circ$  ящиков  $\alpha$ , в которых размещены яйца, что заменяет ручное



Фиг. 4.

переворачивание яиц. В нижних этажах И. располагают ящики-сушилки  $z$  для выпущившихся птенцов. Такие многоэтажные И. строятся на разные размеры: от 2440 до 10—12 тысяч яиц одновременной закладки.

Из больших И. америк. происхождения в СССР в настоящее время ввозятся И., изготовленные компанией «Ньютон», одноэтажные на тысячу яиц. Изготавливаются они и двух- и трехэтажные, причем каждый из этажей является совершенно самостоятельным повторением и связан с другими лишь общей топкой. По существу это не что иное, как 20—50 обычных инкубаторов на 150 яиц каждый, собранных вместе и отапливаемых трубами с водой, проходящими через них от общей печи. Печь напоминает обычные комнатные печи для каменного угля или кокса; она обогревает бак с водой, от которого идет внутрь секций трубы; в вертикально стоящей части труб помещаются поллавок, регулирующий приток воздуха к поддувалу. Сверху секций помещены крышки вентиляторов, открывающиеся обычными, расположенными в каждой секции, пружинными регуляторами.

Таковы основные части большинства И. с подогревателями. Все они отличаются друг от друга различными деталями, размерами, но по существу устройства они совершенно похожи друг на друга. Все они требуют ухода за яйцами в смысле предоставления им того режима, тех движений, которые осуществляются в гнезде наседки. В нек-рых системах И. это выполняется целиком человеком, ухаживающим за И.; перемещение яиц совершается вручную (И. водяные америк. небольшие). В других—часть этой работы несколько механизирована; яйца перекачиваются напр. при помощи особого механизма, приводимого однако в движение обслуживающим персоналом (И. сист. Стефенса, новейшие модели Сарто-

риуса и пр.). Во всяком случае при всех системах и типах современных И. человек принимает самое непосредственное участие в их работе. Автоматичность работы достигнута только в области регулирования  $t^\circ$ .

Работами птицеводного отдела Воронежской обл. сел.-хоз. опытной станции установлено, что во время высживания наседками яйца подвергается чрезвычайно закономерным колебаниям  $t^\circ$ . Колебания эти трех родов: 1) периодич. повышения и понижения  $t^\circ$  происходят за 21 день инкубации у каждой наседки семь раз, в пределах от  $33,4$  до  $38,8^\circ$ , 2) три раза в сутки происходит повышения и понижения  $t^\circ$  на  $2,8^\circ$  и 3) каждое полчаса каждое яйцо м. б. перекачено наседкой из центра гнезда к периферии его, причем разница  $t^\circ$  в этом случае получается в  $8^\circ$  (с физиологич. точки зрения эти постоянные колебания  $t^\circ$  имеют целью изменение внутрияйцевого давления, в свою очередь облегчающего газообмен зародыша с окружающей средой, т. е. дыхание яйца). В И. же стремятся при помощи регулятора держать  $t^\circ$  совершенно постоянной, и только случайно, помимо воли конструкторов, температура в разных точках ящика для яиц оказывается неодинаковой, почему при обязательном двукратном перекладывании яиц каждое отдельное яйцо два раза в сутки попадает в разные  $t^\circ$ -ные условия; кроме того при всех системах И. обязательным является двукратное в сутки остуживание яиц, для чего ящики с яйцами или вынимают или лишь выдвигают из И. Этими двумя обстоятельствами достигается нек-рое случайное и незакономерное колебание  $t^\circ$ , к-рому подвергается каждое яйцо в И. Случайность и незакономерность  $t^\circ$ -ных условий влекут за собой совершенную неуверенность в результатах работы. При случайном совпадении кривой  $t^\circ$  с кривой при естественном высживании выводы получаются хорошие, в обратном случае—плохие. В работе с этими И. остается большой простор для проявления личных качеств—внимания, наблюдательности и аккуратности—лицом, ведущим инкубационные работы. Вместе с тем все изложенное в достаточной мере обуславливает вывод, что рекомендовать какую-либо систему И. совершенно невозможно, ибо все они в высокой степени повторяют друг друга, все работают в зависимости от целого комплекса окружающих условий и все одинаково далеки от совершенства. До тех пор пока не будет построен, так сказать, «нормальный» инкубатор, работать приходится с имеющимися системами, а потому необходимо ознакомиться с побочными приспособлениями, обуславливающими наиболее удачный вывод птенцов.

Благодаря неважности И. от внешних условий и решающему влиянию этих последних (температура, влажность) на результаты инкубации, на первое место надо поставить значение помещения для И.—и инкубатория. Требования для инкубаториев, по Льюису, кратко определяются так: 1) постоянная темп-ра комнаты; 2) хорошая вентиляция; 3) обилие влаги. Наиболее удовлетворяет этим требованиям помещение полуподвальное. В строении, воздвигаемом

специально для целей инкубации, пол д. б. ниже поверхности земли на 1—1,5 м, а потолок—на высоте 2,5—3 м от пола. Стены ниже поверхности земли—лучше всего цементированные или каменные, тогда как наружные стены над поверхностью земли можно делать деревянными, обшивая их изнутри и снаружи досками в 5 см толщиной. Можно построить стены из пустотелых кирпичей, к-рые являются плохими проводниками тепла. Нет необходимости устраивать дорожку вентиляционную систему в инкубаторном подвале. Лучше всего прорезать в стенах одностворчатые окна размером 1×1 м, одно на каждые 27 м<sup>2</sup> воздуха. Эти окна должны иметь двойные рамы; для открывания наружную раму поднимают вверх, от себя, а внутреннюю раму открывают книзу, на себя. Ни та ни другая рама не должна открываться больше, чем на 45°, что позволит воздуху циркулировать свободно через подвал, не создавая сквозняка прямо на И. Сквозняк над И., особенно во время больших ветров ранней весной, заставляя лампу коптить или тушит ее совсем. Система двойных рам в комнате может удержать ° и влажность в комнате постоянными. Хорошо устроить вестибюль с двойной на петлях дверью при входе в подвал, чтобы предохранить его от внезапного притока внешнего воздуха при открывании двери. Инкубаторий должен иметь цементированный пол. Это позволяет опрыскивать его, что также помогает поддерживать правильную влажность. Часть инкубаторного подвала должна быть отведена для двух небольших комнат с тем, чтобы одну из них легко было затемнить для миража яиц, а другая могла служить для хранения керосина, оправления ламп и т. п. В центре инкубатория ставят длинный стол для переворачивания и охлаждения яиц, хотя необходимость в этом столе зависит от типа И.: некоторые из них устроены так, что лотки с яйцами можно ставить на верх И.

Лит.: Хинцинский Н. Н., Искусственная инкубация, М., 1914; Фердинандов В. В., Птицеводный отдел Воронежской обл. с.-х. станции. Результаты трехлетних работ, «Итоги работ опытных учреждений. Центр. Чернозем. обл.», Воронеж, 1923; Никитин В. П., Вывод цыплят под наседкой и в инкубаторе, П., 1923; Кириллов А. М., Основы искусства выводить цыплят без наседки, М., 1913; Орлов А. О. М., Египет. и искусство. завод птиц, Мадрид, 1908; Бланов М. Ф., Сельско-хоз. птицеводство, Харьков, 1919; Дьюнс Г. Р., Промысловое птицеводство, пер. с 40 американского изд., М.—Л., 1927; Фердинандов В. В., Как выводить птицу без наседки, М.—Л., 1927; Lee A., Natural and Artificial Incubation of Hens Eggs, New York, 1925; Blanks E. B., Unser Hausgeflügel, Berlin, 1908.

В. Фердинандов.

**ИНСЕКТИЦИДЫ**, насекомотравляющие химич. вещества. По действию на насекомых И. разделяются на внутренние, или кишечные, и наружные, или контактные. Первые, проникая с пищей, отравляют насекомых через пищеварительные органы; вторые умерщвляют насекомых, действуя на дыхательную систему или на железистые поры в коже насекомых, а через них и на другие их органы. Указанное различие обуславливает коренную разницу в методе применения и в выборе инсектицидов для истребления вредителя в каждом отдельном случае (см. *Вредители*).

В большинстве случаев внутренние И. пригодны только для борьбы с грызущими насекомыми и не пригодны для уничтожения насекомых в стадии яйца и куколки, а также в период лички и для борьбы с сосущими насекомыми, ибо колосце-сосущие насекомые, внося хоботок в ткань растения, минуя внутренний яд, распределенный на поверхности растения. В практике имеются лишь редкие исключения, когда сосущих насекомых, например мух, отравляют приманочными ядовитыми растворами. Наружные И., действующие на дыхательную систему и через кожу, применимы против всех насекомых и во всех стадиях, следовательно более универсальны. Для того чтобы действовал какой-либо контактный инсектицид, необходимо, чтобы он непосредственно соприкоснулся с телом насекомого. Если насекомые, обитающие открыто в природе, держатся рассеянно, живут одиночно, применение контактного И. будет нерентабельным; если насекомые живут в природе под сделанными ими защитными приспособлениями (под паутиной, в свернутых листьях, в стеблях и т. д.) или густо покрыты волосками, контактные И. также не всегда могут оказать свое действие. Наоборот, при применении внутренних И. (кишечных ядов) преследуется возможно экономное и равномерное распределение их по растениям (не по насекомым), изгрызаемым насекомыми. В этих случаях насекомые, проглатывая твердую пищу, неминуемо вместе с нею проглатывают приставший к поверхности растений внутренний инсектицид.

При условии истребления насекомых на живых растениях, какой бы И. ни применялся, неизбежно возникает вопрос о дозировке. В интересах борьбы необходимо, чтобы И. действовал быстро и полно, что ведет к увеличению порций употребляемого И., а это идет в разрез с требованиями экономии и может отразиться на жизни защищаемого растения. В каждом случае опытным путем д. б. установлены: минимальная доза И., успешно действующая на насекомое, и максимальная доза, переносимая безболезненно растением. Влияние одного и того же И. на один и тот же вид насекомого меняется в зависимости от метеорологич. условий, возраста насекомого и т. п.; например во влажную погоду И. обладают меньшим токсическим (ядовитым) действием, молодые личинки менее выносливы и т. д. Одна и та же доза И. различно влияет на один и тот же вид растения в зависимости от его сорта, возраста, географической широты распространения и т. д. Чем моложе растение, чем моложе листья растения, тем доза инсектицидов должна быть меньше; чем южнее растет данное растение, тем грубее его листья и тем выносливее оно к воздействию инсектицидов.

А) **Наружные**, или контактные, инсектициды употребляются паро-газообразные и жидкие.

1) **Паро-газообразные** инсектициды отравляют насекомых, проникая в дыхательные органы или сквозь оболочку яиц последних. Применяются только против вредителей, живущих в закрытых помещениях.

Сероуглерод,  $CS_2$ —бесцветная или желтоватая жидкость с неприятным запахом, кипящая при  $46^\circ$ , быстро испаряющаяся (пары его в 2,6 раза тяжелее воздуха); легко воспламеняется и в смеси с воздухом взрывается. Поэтому при работе с ним запрещается курение и всякое присутствие огня, выключаются электрики, провода (могутся нагреться или искриться);  $CS_2$  применяется: а) при борьбе с грызунами, живущими в земле в норках с 1—2 выходами (суслики и хомяки); в их норки опускают пропитанные  $CS_2$  шарики из пакли, величиной с лесной орех, после чего отверстия затыкают соломой, присыпают сверху землей и притаптывают; пары  $CS_2$  умерщвляют обитателей норки; б) при борьбе с подземными насекомыми и их личинками, для чего  $CS_2$  вводят в почву при помощи особых шприцев или вливают в ямки, сделанные колом, из расчета от 30—70 до 200—300 г на  $1 м^2$ , при 2—4 уколах на нем; большие дозы применяются лишь при так называемой радиальной борьбе с виноградной филлоксерой, когда убивается не только вредитель, но и растение; в) широко применяется при дезинсекции различных помещений или при работе в особых дезинсекционных камерах (см. Дезинсекция продуктовых хранилищ).

Сернистый газ,  $SO_2$ —бесцветный газ, вдвое тяжелее воздуха, растворимый в воде. В газообразном виде  $SO_2$  действует разрушительно на металлы, окрашенные, текстильные и другие предметы; зерну и муке сообщает неприятный привкус, поэтому им окуривают только пустые помещения.

Хлорпикрин,  $CCl_3NO_2$ —светложелтая тяжелая жидкость; пары его тяжелее воздуха в 5,6 раза и вдвое тяжелее паров  $CS_2$ ; очень ядовит, вызывает слезоточивость от присутствия в воздухе (1 : 200 000 000). Металлы повреждаются хлорпикрином только при большой влажности воздуха; ткани, краски, кожа, пищевые продукты не портятся; хлебное зерно значительно теряет лишь всхожесть. Хлорпикрин употребляют при борьбе с амбарными вредителями: дозирокка—до 20 см<sup>3</sup> на  $1 м^2$  помещения, при выдержке в 24 часа. Для лучшего испарения хлорпикрин разбрызгивают пульверизаторами по верху помещения. Особенно ценно применение его в элеваторах для обеззараживания больших партий зерна. Применяется также при борьбе с вредителями в трюмах пароходов.

Никотин,  $C_{10}H_{14}N_2$ —применяется или жидким, при опрыскивании насекомых, или в виде табачного дыма. Последнее широко практикуется при борьбе с яблонной медяницей. Табачным дымом также борются в подвалах с зимующими в них малярийными комарами (30 г табачной пыли на  $1 м^2$  помещения).

Цианистый водород, HCN—легче воздуха и получается при действии серной кислоты на цианистый калий или натрий (см. Дезинсекция продуктовых хранилищ). Цианизация применяется в широких размерах в Америке для обеззараживания от насекомых ценных плодовых или декоративных растений, для чего их накрывают шатрами из парусины, пропитан-

ной олифой, с присыпкой нижних краев землей. HCN широко применяется также при дезинсекции пустой тары, вагонов, музеев, книжных хранилищ и проч. Дозировка в разных случаях 2—70 г цианистой соли на  $1 м^3$  помещения.

Парадихлорбензол,  $C_6H_4Cl_2$ —белое кристаллич. вещество, нерастворимое в воде, но растворимое в бензине, керосине, эфире и т. п. веществах. Испаряется медленно, пары его в 5 раз тяжелее воздуха, не воспламеняются. Применяется при борьбе с подземными вредителями, для чего вносится в почву на глубину несколько выше нахождения главной массы насекомых, из расчета 6—12 г на каждое пересечение полуметровой сетки.

2) Жидкие контактные И. закупоривают дыхательные отверстия на теле насекомых, а также действуют на поры кожи, при обязательном условии их непосредственного контакта с телом насекомых. Задачей опрыскивания контактными И. является покрытие не растения, а самого насекомого, открыто сидящего на растении. Наиболее распространенные из жидких контактных И. следующие.

Железный купорос,  $FeSO_4$ —применяют при борьбе с полвыми слизнями, путем опрыскивания ранним утром водным раствором купороса (от 1,2 до 1,6 кг на 10 л воды) участков, зараженных слизнями. Раствором 1 кг на 10 л опрыскивают ранней весной (до набухания почвы) или осенью (после опадения листьев) плодовые деревья для умерщвления яиц медяниц, тли, а также липайников.

Зеленое мыло жидкое—по своим контактирующим свойствам стоит в первом ряду жидких наружных И. Разведенное мыло в теплой воде приготовляют И. по расчету 200—400 г на 10 л. Применяется при борьбе с всевозможн. сосущими насекомыми и грызущими малоподвижными личинками.

Керосин—в чистом виде применяется для обмазки на стволах и толстых ветвях яиц непарного шелкопряда, монашенки и др. Еще практичнее применять более дешевую черную нефть. Керосин и нефть льют также на поверхность стоячих вод, заселенных личинками малярийных комаров. Из керосина и мыла для опрыскивания сосущих насекомых приготовляют мыльно-керосиновую эмульсию.

Каболнеум—служит для смазывания им веток стволов и ветвей плодовых деревьев, покрытых червецами (шитоковой тлей). Летом им смазывают побегов плодовых деревьев, заселенные кровяной тлей.

Табак. Из табачных отбросов приготовляется жидкий экстракт с 8—10%—ным содержанием никотина. Для опрыскивания насекомых на зеленых растениях 1 л экстракта разводится в 50 л воды. В виду слабого его смачивающего свойства к нему прибавляют зеленого мыла из расчета 400 г на 100 л разведенного экстракта. Это—распространенный И. против всевозможных сосущих насекомых и малоподвижных голых грызущих личинок насекомых.

Б) Внутренние И., или кишечные, существуют жидкие и твердые (порошкооб-

равные). Парижская (швейцарская) и в е л е н ь; для приготовления И. берется 7—14 г зелени и удвоенное количество негашеной извести на 10 л воды. Известь перед употреблением гасят и размешивают в воде (и а в е с т ь к о в о е м о л о к о). Отвешенную парижскую зелень размешивают сначала в небольшом количестве воды, чтобы лучше смочить ее, затем раствор вливают в известковое молоко, тщательно размешивают и переливают в опрыскиватель для производства работ. Во время опрыскивания И. необходимо раствор чаще вбрызгивать, чтобы зелень не оседала. Известь можно заменять окисью цинка,  $ZnO$  (сухие цинковые белила), к-рой берется по весу вдвое меньше количества взятой зелени. Известь или окись цинка кроме нейтрализации свободной к-ты (к-рой ожигаются растения) способствует хорошему прилипанию яда к растениям (после испарения воды), а также оставляет белый след, который указывает на опрысканные растения. При опрыскивании грубых, выносливых растений известь и окись цинка с успехом заменяют черной сахарной патокой (мелассой) в количестве от 100 до 200 г на 10 л воды. Не обладая щелочными свойствами, патока хороша тем, что не засоряет наконечников опрыскивателя, делает жидкость более вязкой, обеспечивает лучшее прилипание частичек парижской зелени к листьям, меньше смывается дождями и своим запахом привлекает вредителей, к-рые охотно нападают на опрыскиваемую растительность. Широко применяется при борьбе с грызущими насекомыми и их личинками.

М ы ш ь я к о в и с т о к и с л ы й н а т р и й,  $Na_2NaAsO_3$ —употребляется при борьбе с полевыми грызущими насекомыми. И. готовится раствором  $Na_2NaAsO_3$  в воде, в пропорции 400—800 г на 300 л с прибавлением удвоенного по весу количества негашеной извести или равного с ним количества окиси цинка. Это—более грубый И. и применяется в полевых условиях к более грубым растениям; особенно употребителен в борьбе с саранчовыми.

Д ж и п с и н, или мышьяковистый свинец,  $PbAsO_3$ —не содержит в себе свободных к-т и не делает ожогов! на растениях, в каких бы дозах его ни брали. При жидком употреблении его берут 400—1 200 г на 500 л воды. Употребляется и в сухом виде для опыливания.

Х л о р и с т ы й б а р и й,  $BaCl_2$ —употребляется в виде 3—5%-ного раствора (350—500 г на 10 л воды). Для лучшего прилипания и меньшего смывания его дождем прибавляется черная патока. Употребляется в сухую и жаркую погоду, так как его действие на организм заключается в отнятии воды из тела. В сырую же! погоду или на влажной растительности насекомые могут восстановить воду в организме и действие бария значительно ослабит. Применяется особенно широко на свекловичных плантациях.

У г л е к и с л ы й б а р и й,  $BaCO_3$ —успешно применяется в борьбе с крысами и мышами в отравляющих приманках (из крошеного хлеба, теста, каши, творога и пр.),

из расчета 1 часть на 4 части приманки. В этих случаях заменять его хлористым барием нельзя, так как последний обладает резким металлическим привкусом и грызуны отказываются от приманок. Опрыскивание производится в сухую погоду, в утренние или в вечерние часы. Во время палищего солнца опрыскивать не рекомендуется, так как через жидкие двойковыпуклые капельки лучи солнца на растениях производят ожоги; если вскоре после опрыскивания прошел дождь (средний или сильный), опрыскивание надо повторить; опрыскивание прекращается за 2—3 недели до уборки урожая, чтобы дать время растениям очиститься от ядов; на 1 га полевых и огородных культур при сплошном опрыскивании требуется 500 л жидкости.

М е т о д о т р а в л е н н ы х п р и м а н о к особенно тщательно разработан в борьбе с саранчовыми. В местах, заселенных саранчовыми, разбрасывается отравленное ядом, увлажненное и издающее запах вещество, которое для них более привлекательно, чем окружающая растительность. Ядом для приманок служит наиболее обладающий токсичностью, легко растворимый и дешевый мышьяковистокислый натрий, хотя можно употреблять и другие мышьяковистые препараты (парижскую зелень, белый мышьяк и проч.). Обычно 350—400 г мышьяковистого натрия растворяют в 10 л воды! и раствором смачивают наиболее дешевые в данной местности приманочные материалы—отруби, древесные опилки (последние смачивают горячим раствором), сухой и измельченный конский навоз, раздробленные жмыхи. Размешанную влажную рассыпчатую массу разбрасывают по земле, из расчета 30—45 кг сухих приманок на 1 га. Преимущество отравленных приманок в борьбе с саранчовыми громадное: отпадают дорожные опрыскиватели, их ремонт, большое количество воды, и сохраняется растительность.

М е т о д о п ы л и в а н и я (сухие И.) заключается в распылении в сухом виде порошкообразных И. как против грызущих, так и сосущих насекомых. Из кишечных ядов против грызущих насекомых применяются гл. обр. мышьяковистокислый кальций, джипсин, парижская зелень, мышьяковистокислый натрий. Особенно удобны первые две соли как нерастворимые в воде и не вызывающие от дождя ран и ожогов на растениях. Яды смешивают с дешевыми нейтральными порошками (гипс, тальк, мука и др.). Пропорции смесей колеблются от 1:1 до 1:10. Расход ядов при опыливания полевых низкорослых культур достигает 8—16 кг на га. Опыливание порошками цианистого кальция и никотина применяется против сосущих и грызущих насекомых. Цианистый кальций от влаги в воздухе разлагается, выделяя пары синильной к-ты, убивающие вредителей. Этот И. распыляют по свободно стоящим растениям или последние предварительно покрывают шатрами, и порошок вдувают специальными приборами. Для опыливания дерева средних размеров требуется 500—900 г порошка. Для опыливания никотином готовят

сухие смеси: выбирают какой-либо поглотитель никотина, чаще всего гашеную известь или углекислый магний, и пропитывают их 40%-ным раствором сернистого никотина. Поглотитель высушивают, размельчают в тонкий порошок и распыляют по растениям. Для приготовления берут 95% извести и 5% никотина. Опрыскивание сухими И. производится через особые распылители или с аэропланов; опрыскивание рекомендуется производить в безветренную погоду, утром по росе (для лучшего прилипания) или вечером, при большей влажности воздуха. Для работы с сухими И. требуется весьма тонкий размол их.

Лит.: Холодковский Н. А., Курс энтомологии, т. 1, 4 изд., М.—Л., 1927; Адрианов А. и Бурос С., Химия в борьбе с вредителями, М., 1926; Парфентьев И., Химия в борьбе с вредными насекомыми, Москва, 1925; Лухов В., Отравление пчелы в борьбе с колубами, Петроград, 1917; Воронин И., Самолеты в сельском хозяйстве, Нью Йорк, 1925; Стельмахович Е., Инсектисиды, фунгициды, гусеничных клещей и опрыскиватели, Петербург, 1906; Wardle P. and Uckle P., The Principles of Insect Control, Manchester, 1923. В. Мельников.

**ИНСОЛЯЦИЯ**, освещение какого-нибудь объекта лучами солнца или какого-либо искусственного источника света. И. применяется для испытания светостойкости красителей. Красящие вещества на ткани, подвергаясь действию солнечного света, постепенно химически изменяются, что сопровождается иногда изменением тона окраски, иногда побледнением или потускнением оттенка (см. *Выцветание красящих веществ*). Каждый краситель характеризуется известной степенью устойчивости к действию солнечных лучей, причем светостойкость колеблется в чрезвычайно широких пределах, начиная от красителей, выцветающих в течение нескольких часов, и кончая светостойкими, почти не изменяющимися даже в течение месяца. Для установления светостойкости красителя окрашенную ткань подвергают И. обычно параллельно с контрольным опытом, в к-ром применяются стандартные красители, обладающие установленной светостойкостью. Происходящий при этом фотохимич. процессы обуславливаются гл. образом действием химически активной части спектра, к-рая начинается лишь от лучей с длиной волны ок. 3 300 Å и простирается обычно до 2 900 Å. Поэтому естественная И. должна производиться в таких условиях, чтобы химически активная ультрафиолетовая часть солнечного спектра имела доступ к ткани; искусственная же И. только тогда сможет претендовать на замену естественной, когда в спектре источника искусственного света удастся добиться распределения энергии, тождественного имеющему место в солнечном спектре.

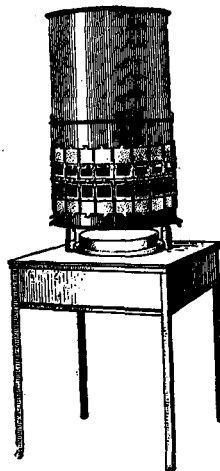
Следующими по важности факторами, обуславливающими скорость выцветания, являются атмосферные условия влажности и  $t^{\circ}$ . При прочих равных условиях скорость выцветания приблизительно пропорциональна относительной влажности и быстро возрастает с повышением темп-ры. Поэтому при естественной И. необходимо производить систематич. наблюдения над влажностью и  $t^{\circ}$ ; при искусственной И. необходимо создание условий для постоянства этих факторов.

Установка для естественной И. представляет собою остекленный ящик—витрину, в к-рой размещают испытуемые образцы; при этом, для защиты от действия света, часть их прикрывают черной бумагой, и т. о. по окончании испытания имеется возможность судить о степени и характере выцветания красителя на основании сравнения инсолированной и неинсолированной частей. При этом лучше всего было бы обеспечить действие неискаженного солнечного света на поверхность ткани; между тем обычно, благодаря остеклению, большая часть химически активных лучей оказывается поглощенной, так как обыкновенное стекло толщиной 0,07 см пропускает уже только 33% падающих на него ультрафиолетовых лучей. Идеальным было бы остекление тонкой кварцевой пластиной, пропускающей почти 90% всего света, вплоть до волны длиной в 2 000 Å; однако эти пластины слишком дороги. В виду этого для указанной цели используются специальные сорта стекла, напр. витагласом (Vitaglass), применяемым в Англии и поглощающим равномерно лишь ок. 10% солнечного спектра. Витрина для экспозиций д. б. снабжена гигрометром и должна допускать свободный доступ воздуха, защищая в то же время образцы окрашенного товара от действия погоды. И. производится параллельно со стандартной шкалой светостойкости, установленной Германской комиссией прочности, и результаты оцениваются по 8-бальной системе.

Естественная И. не может удовлетворить научно-исследовательским целям, требующим создания строго постоянных условий испытания, регулируемых экспериментатором; но она неудовлетворительна и для практич. целей, т. к. действие солнечного света в случае светостойких красителей проявляется недостаточно быстро; это обстоятельство вызвало необходимость конструкции целого ряда приборов, к-рые либо усиливают действие естественного солнечного света либо заменяют его искусственной инсоляцией. К первому типу принадлежит аппарат Каллаб-Элера, в котором на ткань при помощи целой системы линз направляется концентрированный лучок солнечного света. Аппараты эти не дали однако возможности стандартизировать условия испытания и сделать их независимыми от погоды и времени года. Поэтому в дальнейшем начали конструировать аппараты, в которых солнечный свет заменяли вольтовой дугой, свет от которой направлялся на ткань системой линз (прибор Пергера). Недостаток этих приборов заключался в почти полном отсутствии в их спектре химически активных лучей.

Наиболее совершенным прибором этого типа является в настоящее время ф е д о м е т р (фиг. 1). Вольтова дуга федометра, дающая  $\lambda^{\circ}$  до 3 600 $\lambda^{\circ}$ , заключена в обычный стеклянный колпак, находящийся в металлическом тамбуре с прорезями, в к-рые вставляются рамочки с наполненной затененными образцами. Диаметр тамбура—около 20 дм. (50,8 см), т. к. установлено, что при этих условиях максимальная  $t^{\circ}$  поверхности образцов доходит до 70 $^{\circ}$ , т. е. образцы нагреваются примерно так же, как на полуден-

ном ионьском солнце в средних широтах. Тамбур устанавливается на столике, на который ставят и увлажнительный сосуд, поддерживающий на постоянном уровне влажность и тем ускоряющий действие прибора. Для федометра можно пользоваться как переменным, так и постоянным током с напряжением 220 В, причем сила тока должна достигать 13 А. Электроды служат в среднем 18—32 час. Длина дуги регулируется автоматически, так что обслуживание прибора весьма просто. Результаты И. на федометре близки и получаются при действии солнца, что и объясняется составом угольных электродов, дающих спектр, весьма близкий к солнечному, особенно в фиолетовой и ультрафиолетовой части. Благодаря весьма высокой  $^{\circ}$  источнику света можно обойтись без дорого стоящего кварцевого колпака, так как при этих условиях обыкновенное стекло пропускает ультрафиолетовые лучи. Этими обстоятельствами объясняется сходство результатов и получаемых при И. действии федометра и на солнце, но ими же обуславливается и медленное действие федометра сравнительно с действием ртутной лампы; так, для гладко окрашенных тканей 1 час действия федометра заменяет 1,3 часа яркого



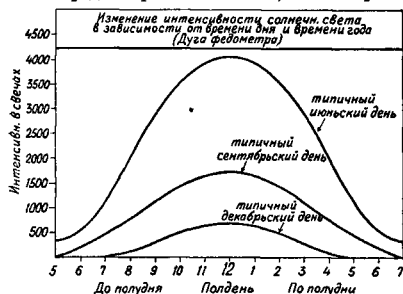
Фиг. 1.

ртутно-кварцевой лампы. Аппаратом, предназначенным дать весьма быстрое и стандартизованное испытание светопрозрачности, является ртутно-кварцевая лампа, изготовляемая Quarzlampengesellschaft Hanau (см. *Кварцевая лампа*), которая излучает свет весьма значительной химической активности, отличающийся весьма быстрым действием на красящие вещества. Испытания производятся вместо недель в течение нескольких часов, однако результаты резко отличаются от результатов, получающихся при И. действии солнца, что вполне естественно в виду несоответствия спектра ртутно-кварцевой лампы солнечному спектру. Кроме того лучи кварцевой лампы сильно озонуют воздух, а озон разрушает красящие вещества весьма быстро и поэтому совершенно искажает толкование результатов. Этот инсоляционный прибор представляет собою небольшую эвакуированную кварцевую трубку с ртутью, заключенную в металл. цилиндрический тамбур, внутри которого по образующим цилиндра располагают испытываемые образцы.

Лит.: Инсоляция, ст. в *Технич. Энциклопедия*, изд. «Просвещение», т. 4; *Journal of the Soc. of Dyers & Colorists*, L., 1927, p. 44, 52, 253, 296; *Leipzig. Monatschrift f. Textilindustrie*, Lpz., 1928, p. 209; *Hertzfeld J., Die technische Prüfung d. Garne u. Gewebe unter Berücksichtigung d. behördlichen Vorschriften*, p. 122, Wien, 1896; *Heermann P., Mechanisch- und physikalisch-technische Textiluntersuchungen*, 2 Aufl., B., 1923.

Л. Мирзаев.

**ИНСПЕКЦИЯ ТРУДА** в СССР была организована декретом от 18 мая 1918 года, объявившим распущенной старую царскую фабричную инспекцию, существовавшую с 1882 г. Основной особенностью, отличающей И. т. в СССР от И. т. в буржуазных странах, является ее выборность (рабочие инспектора труда избираются на конференциях проф. организаций или губернским и уездным объединением профсоюзов). И. т. руководствуется декретом об И. т. и специальным наказом Наркомтруда СССР (НКТ) (последнее, четвертое, издание этого наказа опубликовано было 24 дек. 1925 г.). По основному декрету от 18 мая 1918 г. инспектор труда имеет своей целью охрану жизни и здоровья трудящихся. Несколько полнее излагает задачи И. т. ст. 146 Кодекса законов о труде изд. 1922 г., гласящая: «Надзор за выполнением всеми без исключения учреждениями, предприятиями, хозяйствами и лицами всех постановлений сего кодекса, декретов, инструкций, распоряжений и коллективных договоров в части, касающейся условий труда, охраны здоровья и жизни трудящихся, возлагается на состоящую в ведении Наркомтруда И. т., технич. инспекцию и санитарную инспекцию». В соответствии со ст. 149 Кодекса наказ подчеркивает, что на инспекцию возлагается не только наблюдение и контроль за проведением в жизнь декретов, постановлений и других актов советской власти в области охраны интересов трудящихся масс, но и непосредственное принятие необходимых мер для охраны безопасности, здоровья и жизни работников и работниц. Согласно наказу по предъявлению открытого листа, выданного НКТ соответствующей республики, или временного удостоверения,



Фиг. 2.

июньского солнца, для печатных же образцов, а также при испытании чернил и т. п. 1 час эквивалентен 4—5 ч. действия солнца. Для возможности сопоставления действия солнца в другие месяцы с т. н. стандартным солнцем в июне можно пользоваться графиком (фиг. 2) или опубликованными данными. Достоинством федометра является также отсутствие в его излучении слишком коротких волн, опасных для глаза и имею-



выданного соответствующим органом НКТ, инспектор труда имеет право беспрепятственно посещать во всякое время дня и ночи все предприятия, учреждения и хозяйства своего района и все прочие места, где производится работа, а также все существующие при них учреждения для рабочих (бани, больницы, квартиры, ясли и пр.). При посещении предприятий, учреждений и хозяйств вне места жительства инспектора, инспектору труда предоставляется администрацией соответствующее помещение для служебных занятий и, в случае необходимости, также и для отдыха и ночлега.

В тех случаях когда при обследовании государственных предприятий, входящих в хозяйственные объединения (тресты и т. п.), обнаружены недостатки, устранение к-рых связано с крупными материальными затратами, инспектор труда должен не предъявлять требования в обычном порядке непосредственно администрации данной ф-ки или з-да, а вначале ограничиться составлением подробного описания обнаруженных дефектов. Это описание вместе с точным указанием мероприятий, необходимых для их устранения, инспектор направляет в подлежащие органы НКТ для включения соответствующего требования в договор (соглашение), заключаемый с управлением хозяйственного объединения, об улучшении санитарно-гигиенч. условий труда по всем ф-кам и з-дам этого объединения на основе учета хозяйственных возможностей последнего. В случае обнаружения особо серьезных недостатков, непосредственно угрожающих жизни и здоровью рабочих, устранение которых не терпит отлагательства, инспектору труда предоставляется право принятия совместно с фабрично-заводским (местным) комитетом или же делегатом профессионального союза экстренных мер, вплоть до закрытия завода, мастерской, остановки машины, двигателя, станка и пр. Эти серьезные мероприятия, согласно наказу инспекции труда, инспектор труда в праве принимать не только при обнаружении нарушения существующего законодательства, но и тогда, когда соответствующие нарушения и принимаемые им меры не предусмотрены в местных постановлениях или распоряжениях органов НКТ (ст. 149 Кодекса).

В случае обнаружения невыполнения действующего законодательства о труде инспектор труда делает обязательные предписания об их устранении (п. «г» ст. 148 Кодекса), привлекает виновных к административной или судебной ответственности (п. «д» ст. 148 Кодекса), а также в праве участвовать в деле в качестве обвинителя. Инспектор труда при возбуждении производства по уголовному делу, входящему в круг его ведения, пользуется, на основаниях, установленных уголовно-процессуальными кодексами союзных республик, правом производить дознание по этому делу. Инспектор труда имеет право, в зависимости от санитарно-гигиенч. и технич. условий труда в предприятиях, учреждениях и хозяйствах, повышать или понижать для них размер страховых взносов с последующим утверждением этих повышений и понижений в установленном порядке.

Помимо текущего надзора на И. т. возлагается ряд обязанностей в отношении т. н. предупредительного надзора. Согласно наказу инспектор труда обязан: а) следить за тем, чтобы постройка, переустройство или капитальный ремонт промышленных предприятий производились по проектам, получившим санкции органов охраны труда; б) участвовать в комиссиях по осмотру законченных построек, промышленных сооружений перед пуском их в ход, в целях выяснения соответствия этих построек проектам, утвержденным согласно обязательным постановлениям НКТ; в) наблюдать за тем, чтобы ни одно предприятие не открывалось и не было пущено в ход или переведено в другое здание без санкции И. т. (ст. 138 Кодекса); г) наблюдать за тем, чтобы при сдаче хозяйственными органами предприятий в аренду в заключаемые договоры вносились пункты, обязывающие арендатора производить необходимый с точки зрения охраны труда ремонт зданий и оборудования.

Помимо обычных территориальных инспекций, обслуживающих определенные узлы или районы более крупных промышленных городов, в СССР существует также т. н. внеучастковая инспекция, имеющая задачей обслуживание тех групп трудящихся, к-рые отличаются совершенно специфич. условиями труда. В настоящий момент, после ликвидации целого ряда отдельных видов внеучастковой инспекции (строительной, горной, торговых служащих, народной связи и т. п.), остались внеучастковые инспекции: ж.-д. и водного транспорта и сельскохозяйственная.

Инспекторов труда по последним данным (1928 год) в СССР было 1 276, в то время как до революции имелось всего лишь несколько больше 200 фабричных инспекторов, которые осуществляли надзор по охране труда. На одного инспектора труда приходится в настоящий момент около 8 000 поднадзорных лиц наемного труда. В составе инспекции труда по последним данным (1927 г.) имелось рабочих 72,7%, служащих 19,7%, крестьян 6,6%. Из этих цифр ясно вытекает подлинно пролетарский состав выборной И. т. в СССР. Членов ВКП(б) среди инспекторов труда было 89,4%. В среднем один член профессионального союза в 1927/28 г. обследовался инспектором труда 1,9 раза, причем для промышленности эта цифра гораздо выше—3,4, для государственных рабочих близка к средней—1,7, по остальным группам значительно ниже средней: по транспорту и связи—0,8, по учреждениям—0,4, по группам коммунального хозяйства и народного питания—0,5. Более всего обследуются государственные предприятия, затем частные и наконец кооперативные. Число случаев привлечения к судебной ответственности вообще растет почти непрерывно.

Предприятия частные привлекаются к судебной ответственности по охране труда чаще, чем государственные; так, на 100 обследований частных предприятий приходилось привлечений к ответственности: в 1924 г.—59,8, в 1925/26 г.—48,6 и в 1926/27 г.—88,9. Помимо рабочей И. т. в состав инспекции входят еще технич. и санитарные инспекто-

ра. Санитарная инспекция начала фактически создаваться в 1920 г. В настоящий момент в СССР работают 363 санитарных инспектора труда. Кроме проведения текущего контроля за предприятиями, гл. обр. в части профессиональной гигиены и промышленной санитарии, и соответствующей консультации инспекторам труда, санитарные инспекторы проводят еще научно-исследовательскую работу по определению различных профессиональных вредностей и изысканию методов их устранения. Вместе с тем санитарные инспектора труда организуют медицинское освидетельствование рабочих, следят за правильным учетом и расследованием профессиональных отравлений и ведут широкую санитарно-просветительную работу. Технич. инспекция была создана одновременно с И. т. В настоящее время она работает в составе около 630 чел. и имеет своей главной задачей проведение в жизнь техники безопасности в производстве в целях предупреждения несчастных случаев. Одной из главных функций технической инспекции является регулярное освидетельствование паровых котлов для предупреждения возможности их взрывов вследствие изнашивания котельного материала.

Лит.: Каплун С., Теория и практика охраны труда, ч. 1—2, М., 1926—27; его же, Охрана труда в СССР в цифрах, М., 1928; Наказы инспекции труда, санитарной инспекции и технич. инспекции, НКТ (изд. офиц.), М., 1926; Маркус В. и Бенеман А., Законодательство по охране труда в СССР, Москва, 1927; Маркус В., Охрана труда, Москва, 1928.

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СТАЛЬ**, обширная группа углеродистых и специальных сталей, идущих на изготовление разного рода инструментов. И. с. существенно отличается от конструкционной стали, идущей на железные конструкции и машинные части, по способу изготовления, составу, структуре и характеру термич. обработки получаемых из нее изделий. И. с. по самому своему назначению д. б. материалом высочайшего, т. е. только такой материал может удовлетворить тем строгим требованиям, которые предъявляются к инструментам. Она д. б. совершенно однородна, хорошо раскислена, лишена газовых и неметаллич. включений и не должна содержать каких-либо вредных примесей; все это достигается переплавкой самых чистых исходных материалов—древесно-угольного чугуна и маргеновской стали в тиглях или электрич. печах. Названия «тигельная сталь», «электросталь» и «И. с.» часто употребляются как синонимы.

Готовую И. с. отливает в небольшие слитки, к-рые затем проковывают или прокатывают до желаемого сечения. От материало-обработывающих инструментов, на которые идет И. с., требуются возможно большая твердость и высокое сопротивление износу, что и достигается повышенным содержанием углерода. Содержание С в И. с. никогда не бывает ниже 0,6% и нередко доходит до 1,5—1,7%; при этом получаемая твердость изделий растет почти параллельно с содержанием С. Одновременно с твердостью увеличивается и хрупкость изделий; поэтому содержание 1,5—1,7% С является верхним пределом, при котором еще не теряется технич. пригодность их из-за резко выраженной

хрупкости. Содержание Si и Mn в И. с. не превышает 1%, но чаще всего оно равняется 0,2—0,4% для Si и 0,4—0,7% для Mn. Такие количества этих двух примесей, не сообщая стали каких-либо особых свойств, гарантируют ей беззвучность, полную раскисленность и безвредность содержащейся в ней S. Содержание S и P в И. с. должно быть возможно малым, так как вредное действие их особенно заметно сказывается в высокоуглеродистой стали; на практике постоянно стремятся понизить содержание этих примесей до 0,02—0,01% путем подбора чистых исходных материалов и выбора наиболее совершенных способов плавки. Кроме обычных примесей в И. с. часто вводят специальные примеси, гл. обр. карбидообразующие элементы Cr и W, которые сообщают высокую твердость и сопротивление износу основной массе металла и служат для образования очень твердых простых или двойных карбидов указанных элементов.

Составом И. с. определяется и ее микроструктура. В отожженном состоянии структура И. с. приближается к эвтектоидной, т. е. состоит из одного перлита. В углеродистой И. с. перлит имеет нормальное, зернистое или пластинчатое строение, легко различимое при средних увеличениях микроскопа; в специальной же И. с. он является сорбитообразным, причём детали строения его м. б. рассмотрены лишь при самых больших увеличениях. Наряду с перлитом в И. с. иногда присутствуют феррит (Fe) или цементит (Fe<sub>3</sub>C) и специальные карбиды, и получается структура доэвтектоидной или заэвтектоидной стали. Феррит, являющийся носителем пластич. свойств стали, м. б. терпим в И. с. в самых ограниченных количествах; наоборот, цементит, обладающий громадной твердостью, является желательным структурным элементом, до тех пор пока он не вызывает в металле заметной хрупкости. Последняя особенно проявляется в том случае, когда цементит имеет характер сетчатых образований вокруг зерен основной массы; вследствие этого в И. с. цементит всегда д. б. раздроблен возможно полнее путем механической или термической обработки. После закалки И. с. в ней место перлита заступает мартенсит с его характерными свойствами: высокой твердостью и значительной хрупкостью. Эти свойства повышаются в присутствии нерастворившегося при закалочном нагреве цементита и сильно понижаются в случае присутствия феррита. Поэтому наличие последнего в И. с. после закалки является совершенно недопустимым, а цементит допустим лишь в раздробленном состоянии, что необходимо для повышения твердости основной массы металла, без увеличения ее хрупкости. Для борьбы с хрупкостью закаленных инструментов их подвергают отпуску, при к-ром мартенсит переходит в продукты дальнейшего распада (троостит, осмондит, сорбит) и сталь приобретает необходимую степень пластичности. Таким образом структура И. с. в готовых изделиях состоит из мартенсита в той или иной стадии распада и некоторого количества мелкоздробленного цементита.

Все сорта И. с. делятся на углеродистые и специальные; к первым относятся сорта

без всяких специальных примесей, ко вторым—с примесью Cr и W, т. е. хромовые, вольфрамовые и хромо-вольфрамовые.

Углеродистая И. с., при содержаниях C от 0,8% до 1,8%, является наиболее старым и распространенным материалом для изготовления инструментов. После надлежащей закалки структура ее состоит или из одного мартенсита или из мартенсита с примесью мелкозернистого цементита. Эти структуры отвечают очень большой твердости (850—750 по Бринеллю и 90—95 по Шору) и резко выраженная хрупкость. Последняя совершенно недопустима в инструментах, работающих ударами и толчками, поэтому почти все закаленные инструменты подвергаются отпуску при тем более высокой  $t^{\circ}$ , чем менее спокойна их работа, и только совершенно спокойно работающие инструменты могут идти в работу без отпуска. Структура отпущенных инструментов состоит из смеси мартенсита и троостита, иногда с включениями мелкозернистого цементита, при твердости по Бринеллю не ниже 550 и по Шору не ниже 65. Мартенсит углеродистой И. с. отличается малой  $t^{\circ}$ -ной устойчивостью; закаленная сталь уже при невысоких нагревах теряет значительную часть приобретенной при закалке твердости. Так, при нагреве до 200° эта потеря составляет 14%, при 300°—40%, при 400°—70% и при 500°—87,5%. Указанное обстоятельство влечет за собой неустойчивость инструментов из углеродистой И. с., вследствие чего она не может применяться для режущих инструментов, работающих с большой скоростью и разогревающихся во время работы, и при нормальном отпуске, во избежание хрупкости, приходится терять значительную часть твердости. Оба эти обстоятельства и заставили технику выработать сорта стали с не столь хрупким и более устойчивым при нагреве мартенситом. Таковыми оказались стали с приме-

Табл. 1.—Углеродистая сталь.

% -ное содержание C	Термич. обработка		Назначение стали
	$t^{\circ}$ закалки	$t^{\circ}$ отпуска	
0,6—0,9	780—750°	275—330°	Мелкие с.-х. орудия—серпы, ножи; ударные инструменты—долота, зубила, молоты; деревообделочные инструменты; хирургические инструменты
0,9—1,1	750°	250—275°	Инструменты для обработки мягких металлов—резцы, сверла, фрезеры, напильники
1,1—1,6	750—780°	220—250°	Инструменты для обработки твердых металлов и наменных пород; волоочильные доски

сью Cr и W. Для характеристики углеродистой И. с. в табл. 1 приведены данные относительно ее состава, термич. обработки и назна-

чения. Характерная структура углеродистой И. с. показана на владном листе 1—6.

В хромовой И. с. с прибавлением Cr происходит два существенных изменения: 1) увеличивается степень дисперсности основных структурных элементов—перлита и мартенсита—и 2) наряду с Fe<sub>3</sub>C появляются карбиды хрома (Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Cr<sub>3</sub>C) и двойные хроможелезные карбиды. Увеличение дисперсности основной массы влечет за собой понижение хрупкости материала, а появление в структуре очень твердых карбидов—повышение его твердости. Первое изменение наблюдается уже при небольших количествах Cr (от 1% до 2%), появление же кар-

Табл. 2.—Хромовая сталь.

% -ное содержание		Термич. обработка		Назначение стали
C	Cr	$t^{\circ}$ закалки	$t^{\circ}$ отпуска	
0,5	1,0—1,5	780—800°	250—300°	Ударные инструменты—зубила, штемпели; кузнечный инструмент
1,0—1,3	1,2—2,0	800—830°	250—300°	Инструменты для обработки мягких металлов—резцы, фрезеры, сверла, напильники, пила
1,3—1,5	0,5—1,2	780—800°	250—300°	Инструменты для обработки твердых металлов—резцы, фрезеры, сверла, напильники, пила
1,0—1,4	2,0—4,0	800—830°	300—350°	Инструменты, нагревающиеся в работе—горячие штампы, матрицы; ножи для ножиц, пробойники
1,2—1,7	3—14	820—850°	400—500°	Волоочильные доски

бидов имеет место при более высоком содержании его (> 3%) и особенно заметно при высоком содержании C (1,7—1,8%). Для получения максимальной твердости, вызываемой карбидами, очевидно необходимо возможно большее содержание и углерода и хрома. Данные о составе, термич. обработке и назначении хромовой И. с. приведены в табл. 2. Содержание Cr чаще всего лежит в пределах 0,5—2% и оказывается вполне достаточным для повышения дисперсности мартенсита с одновременным увеличением твердости. Последняя в закаленной хромовой стали с 2% Cr доходит до 700—750 по Бринеллю и только после высокого отпуска (300—350°) падает до 600. В высокохромовой стали указанные цифры твердости несколько повышаются, что и требуется в инструментах, подверженных большому износу (волоочильные доски). Термич. обработка изделий из хромовой стали также сводится к закалке и отпуску, причем обе операции производятся при более высоких  $t^{\circ}$ , чем в углеродистой стали. Более высокая  $t^{\circ}$  закалки объясняется тем, что с прибавлением Cr к стали повышается  $t^{\circ}$  эвтектоидного превращения  $A_{cm}$ , повышение же  $t^{\circ}$  отпуска зависит от большей  $t^{\circ}$ -ной устойчивости хромистого мартенсита по сравнению

с мартенситом углеродистым. Указанная устойчивость мартенсита является основным для применения высокохромовой стали для инструментов, работающих в горячем состоянии (горячие штампы); но она все же недостаточна в случае более высокого нагрева инструментов и оставляет место для искажения более устойчивых в отношении нагрева сталей.

Вольфрамовая И. с. Прибавление W к стали действует аналогично прибавлению Cr: увеличивается степень дисперсности перлита и мартенсита, появляются карбидные включения и увеличивается  $t^{\circ}$ -ная устойчивость мартенсита. Правда, последний обладает меньшей твердостью, чем мартенсит хромовой стали, но  $t^{\circ}$ -ная устойчивость его значительно выше устойчивости последнего. Указанными свойствами мартенсита вольфрамовой стали и определяется область применения ее: она с успехом применяется для инструментов, не требующих особой твердости, но нуждающихся в  $t^{\circ}$ -ной устойчивости. Из табл. 3 видно, что содержание W

имеет инструментальная сталь с значительными содержаниями Cr и W. Эта сталь, носящая название быстрорежущей, а также самоакаливяющейся (см. *Быстрорежущая сталь*), имеет, по Гейлору, следующий состав: 0,6% C, 6% Cr и 18% W. Отступления от этого состава наблюдаются в сторону уменьшения Cr и W, а также в сторону введения дополнительных специальных примесей—V, Mo, Co, U и др. При таком составе быстрорежущая сталь в отожженном состоянии имеет структуру очень тонкого сорбитообразного перлита с рассеянными в нем мелкодробленными включениями простых или двойных карбидов. Главная цель термич. обработки этой стали состоит в превращении перлита в мартенсит, причем последний становится трудно отпускаемым только в случае значительного содержания в нем Cr и W. Т.к. карбиды трудно переходят в твердый раствор, то перед закалкой необходимо обрабатываемый инструмент нагревать до  $t^{\circ}$ , близкой к плавлению стали (1 300—1 350 $^{\circ}$ ), и тем достигают полного растворения карбидов. После закалки в струе воздуха или в свинцовой ванне сталь приобретает аустенитовую структуру, к-рая последующим отпуском при 625 $^{\circ}$  переводится в мартенсит максимальной твердости. Этот мартенсит обуславливает собою неотпускаемость стали при нагреве до 650 $^{\circ}$  (красностойкость, redhardness) и делает инструмент быстрорежущим. Данные, касающиеся различных Cr-W-сталей, приводятся в табл. 4, из к-рой

Табл. 3.—Вольфрамовая сталь.

%ное содержание		Термич. обработка		Назначение стали
C	W	$t^{\circ}$ закалки	$t^{\circ}$ отпуска	
0,9—1,2	0,8—2,0	760 $^{\circ}$	200—250 $^{\circ}$	Инструменты для обработки мягких металлов — резцы, сверла, фрезеры
0,9—1,2	3—5	760 $^{\circ}$	250—300 $^{\circ}$	Режущие инструменты для твердых металлов — резцы, сверла, фрезеры
0,8—0,8	8—10	780—800 $^{\circ}$	300—350 $^{\circ}$	Горячие инструменты—штампы, матрицы, пробойники

колеблется в пределах от 1% до 10%. С повышением W повышаются два свойства стали: ее неотпускаемость и твердость. Последняя увеличивается, как и в Cr-стали, от появления в структуре стали двойных карбидов, среди к-рых возможны соединения WC, W<sub>2</sub>C, Fe<sub>2</sub>W, а также их двойные соединения с Fe<sub>2</sub>C. Термич. обработка этой стали также сводится к закалке и отпуску. При малых содержаниях W закалка ничем не отличается от закалки углеродистой стали, т. к. их критические точки  $A_{11}$  соответствуют приблизительно одинаковым  $t^{\circ}$ . При более высоких содержаниях W требуется более высокий нагрев перед закалкой для растворения содержащихся в стали карбидов, т. к. только переход последних в твердый раствор гарантирует получающемуся затем мартенситу достаточную температурную устойчивость.

В хромо-вольфрамовой И. с. совмещаются высокая твердость хромовой стали и неотпускаемость вольфрамовой; поэтому Cr-W-сталь является в настоящее время наилучшей И. с. При малых содержаниях Cr и W указанные свойства выражены слабо; такие стали не имеют большой технич. значения и применяются для замены углеродистой, хромовой и вольфрамовой сталей. Гораздо большее значение

видны состав, термич. обработка и назначение этих сталей. Комбинируя эти основные элементы стали с небольшими количествами Mn, V, Co, Mo, U, получают большое число марок И. с., чаще всего незначительно отличающихся от описанных здесь основ. ее сортов.

Табл. 4.—Хромо-вольфрамовая сталь.

%ное содержание			Термич. обработка		Назначение стали
C	Cr	W	$t^{\circ}$ закалки	$t^{\circ}$ отпуска	
0,7—1,2	0,5—1,0	1—3	780—800 $^{\circ}$	300—350 $^{\circ}$	Инструменты для обработки мягких и твердых металлов—резцы, сверла, фрезеры, метчики, планшны
0,8—0,7	1,5—2,5	3—8	820—850 $^{\circ}$	350—400 $^{\circ}$	Горячие штампы и матрицы
0,6—0,7	3,5—6,0	14—21	1 300—1 350 $^{\circ}$	620—630 $^{\circ}$	Инструменты, работающие с большой скоростью, резцы, сверла, фрезеры

Лит.: Бабошин А. Металлография и термическая обработка железа, стали и чугуна. Л., 1926; Ден и К., Исследование главных свойств инструмент. сталей. М., 1926; Ранагц Ф. Специальные стали. Харьков, 1927; Липин В. Н. Металлография чугуна, железа и стали. т. 3, ч. 2, Л., 1927; Марс Г., Die Spezialstähle, 2 Aufl., Stg., 1922; Вгеатгеу Н., Die Werkzeugstähle u. ihre Wärmebehandlung (Deutsche Bearbeitung v. R. Schäfer). В., 1922; Сhillet L. et Portevin A., Précis de métallurgie microscopique et de macrographie. Paris, 1924; Нойт С., Metallography, part 2. N. Y., 1924; Trans. of the Amer. Soc. for Steel Treating, Cleveland, 1922, v. 1, 1928, v. 13.

М. Осмо.

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ДЕЛО**, отрасль заводского хозяйства, занимающаяся проектированием, производством, хранением и учетом инструмента и приспособлений для обработки. Значение самостоятельного цеха И. д. получило лишь в металлообрабатывающей промышленности.

И. д. охватывает собой следующие отдельные операции: 1) проектирование специального инструмента и приспособлений, 2) производство их, 3) хранение инструмента и специальных инструментальных материалов, 4) распределение инструмента и приспособлений в цехах, выдача их на руки рабочим и прием обратно, 5) ремонт и содержание инструмента в исправном состоянии, 6) учет наличного инструмента и своевременное пополнение убыли, 7) нормализационные работы в отношении инструмента и приспособлений, 8) разработку технических условий и правил приемки, испытаний и контроля инструмента и инструментальных материалов, 9) производство испытаний готового инструмента и материалов, научно-исследовательскую работу по усовершенствованию способов обработки и конструкции инструментов, 10) сбор и использование брака и лома инструментов и приспособлений.

Инструментальный цех завода состоит из центрального проектно-планирующего органа—бюро инструментов и приспособлений (БИП), производственного—инструментальной мастерской (ИМ), органов хранения—инструментально-материальной кладовой (ИМК) и общей инструментальной кладовой (ОИК) и наконец из сети органов распределения—цеховых инструментальных складов (ИС). Иногда к ним присоединяется и инструментальная лаборатория, которая обычно состоит в непосредственном подчинении БИП. Основной задачей И. д. является возможно экономичная доставка и поддержание в исправном состоянии инструмента и приспособлений для обработки.

Лицом, объединяющим действия отдельных органов инструментального цеха, является начальник его, который имеет в своем непосредственном распоряжении необходимый административный и бухгалтерский аппарат. Инструментальный цех подчинен в общем порядке производственному отделу и технич. дирекции з-да. В основных чертах организация подразделов инструментального цеха следующая. БИП возглавляется заведующим и разделяется на технический и учетный отделы: в первом работают конструкторы, чертежники и копировальщики; в учетном отделе—регистраторы, калькуляторы и сотрудник, наблюдающий за выполнением сроков. Помощником заведующего БИП является распределитель работ, который следит за нагрузкой отдельных исполнителей, ведет учет движения заказов и следит за точным исполнением сроков поставок. В состав БИП входит старший контролер, объединяющий работу всех контролеров, разбросанных по отдельным складам и мастерским завода.

Технич. отдел БИП составляет проекты новых инструментов, приспособлений, уста-

новок станков, инструкций для работ, а иногда и конструирует специальные станки на основании планов обработки и конструктивных чертежей, доставляемых конструкционным бюро и производственным отделом завода. Основной задачей конструктора является создание инструментов и приспособлений для обработки, позволяющих получить при обработке требуемую степень точности при наименьшей сумме затрат, падающей на каждую обрабатываемую деталь конечного продукта. Для этого при проектировании необходимо обращать особое внимание на следующее: 1) размеры и форма инструмента или приспособления должны обеспечивать не только достаточ. сопротивляемость усилиям, возникающим при обработке, но также и жесткость, достаточную для того, чтобы деформации не выходили из пределов, допускаемых требуемой точностью, и чтобы не возникало колебаний («дрожания») обрабатываемого предмета или инструмента; 2) конструкция инструмента или приспособления должна обеспечивать правильную и быстрый захват и смену инструмента или обрабатываемых предметов; 3) материал и конструкция должны обеспечивать достаточную продолжительность службы всего агрегата и возможно легкую заменяемость изнашивающихся частей; 4) конструкция должна облегчать контроль состояния инструмента или приспособлений; 5) конструкция должна соответствовать имеющимся на заводе станкам как в смысле мощности, так и в отношении габаритов и мест прикрепления к станку инструментов и приспособлений; 6) приспособление д. б. по возможности легко изготовляемо средствами ИМ, причем следует возможно широко применять стандартные части и ограничивать применение отливок (за исключением стандартных), как дорогих и требующих обычно долгих сроков доставки. В связи с этим в последнее время, особенно в США, развилось употребление корпусов и крупных деталей приспособлений, сваренных из стальных листов и профильной стали автогенным или электрич. путем. При калькуляции рентабельности применения данного инструмента или приспособления, кроме непосредственно достигаемого этим сокращения времени обработки, следует также принимать во внимание сокращение или полное отсутствие разметки, уменьшение времени сборки вследствие отсутствия необходимости пригонки, уменьшение брака при обработке, уменьшение простоя станков, вызываемого сменой инструментов или наладкой, и т. д. Учетный отдел БИП выполняет всю учетную работу по заказу, учету, возобновлению и использованию инструментов и приспособлений, для чего им ведется ряд картотек; он же следит за своевременным и бесперебойным снабжением складов материалами и готовыми инструментами.

Производство новых специальных инструментов и приспособлений, а также ремонт пришедших в негодность сосредоточены в инструментальной мастерской (ИМ); общее руководство мастерской находится в руках мастера, которому подчинено нужное число помощников и рабочих. Разбивка стан-

ков и рабочих между отдельными помощниками мастера м. б. произведена двумя различными способами: 1) разбивкой по родам станков, причем один помощник ведает токарн. станками, другой фрезерными и т. д.; 2) подчинением каждому помощнику мастера полной группы станков приблизительно одинаковой степени точности (т. е. одного или двух токарных станков, фрезерного, шлифовального, сверлильного, 2 или 3 слесарей). При втором способе, оказавшемся гораздо более выгодным на практике, за все выполнение данного заказа от начала и до конца ответственность несет один помощник мастера. Оборудование ИМ отличается от обычного оборудования механик. цеха не столько по роду станков, сколько по их качеству. ИМ должна быть снабжена наиболее точными станками и наиболее высоко квалифицированными рабочими. В виду разнообразия работ ИМ рекомендуется снабжать универсальными станками. Из станков, находящихся себе преимущественно применение в И. д., отметим: заточные токарные станки—для производства фрезеров с задней заточкой и метчиков (см. *Заточный станок*); особо точные *сверильные станки* (см.) со столом, передвигающимся микрометрич. винтами; вертикально-фрезерные, упрощенного типа, а также копировально-фрезерные станки (см. *Копировальные станки*), лобзиковые и *напильные станки* (см.), весьма полезные при обработке сквозных матриц для штамповальных работ и удаления трага; универсальные инструментальные шлифовальные станки для заточки фрезеров, разверток и пр. специальные шлифовальные станки для точки сверл, для обработки калибров и для выработки резов из цельного штангового материала без отковки (см. *Шлифовальные станки*).

Весьма ответственной частью ИМ является отдел термич. обработки, к-рый д. б. снабжен в достаточном количестве печами (газовыми, электрическими или муфельными для обычного топлива), пирометрами, солевыми, свинцовыми и масляными ваннами для закалки и отпуска, достаточно обширными резервуарами с водой и маслом для охлаждения инструмента, правильными и закалочными прессами и наконец для наблюдения за степенью действительности обработки—аппаратами, позволяющими определять твердость без порчи самого испытуемого предмета (склероскопы и дуromетры). Для контроля размеров ИМ д. б. оборудована необходимым количеством правильных плит, линейек, угольников, точного мерительного инструмента, мерительных индикаторов, наборов мерных плиток, предельных и нормальных калибров, микрометров и т. д. Большим подспорьем при контроле является *микроскоп* (см.); в Западной Европе и США имеется значительное количество моно- и бинокулярных микроскопов, специально сконструированных для работы в контрольных и разметочных отделениях металлообрабатывающих з-дов. Мерительные машины, компаратор и основные заводские эталоны находятся при БИП, где ими ведает старший контролер, который и производит проверку калибров и мерительного инструмента.

Основная кладовая инструмента и кладовая инструментальных материалов (ОИК и ИМК) м. б. устроены вместе или раздельно. В этом последнем случае ИМК составляет часто лишь отдел общематериального склада з-да. Быстрорежущие стали следует хранить отдельно от углеродистых. Вообще весь рабочий инструмент и приспособления должны храниться т. о., чтобы, занимая возможно меньше места, они не подвергались риску быть попорченными; части, употребляемые при работе вместе, напр. наборы метчиков, приспособления с отдельными деталями и проч., должны лежать в одном месте; весьма полезно провести систематич. нумерацию по группам всего инструмента, классифицируя т. о., чтобы из номера был виден сразу характер его, и располагать инструмент в кладовых по этим нумерным группам.

При каждом заказе нового стандартного инструмента или специального инструментального материала БИП указывает минимальное количество их, ниже которого не должна спускаться наличность на складе. ИМК д. б. снабжена необходимым грубым мерительным инструментом для проверки размеров принимаемых и отпускаемых материалов и достаточным количеством механических пил (ножовок или циркулярных) для отрезки материала; при широком применении сваренных конструкций рекомендуется снабжать ИМК аппаратом для автоматич. резки. ОИК должна иметь мерительный инструмент для проверки поступающих обратно из цехов или приобретенных на стороне инструментов и приспособлений. Заточку более точного и чувствительного инструмента—фрезеров, разверток, зенковок, метчиков и сверл—следует сосредоточить в ОИК, которая для этого должна быть снабжена достаточным количеством универсальных и специальных инструментальных шлифовальных станков; заточку резов следует, наоборот, производить в ИС.

Как правило ОИК не выдает никакого инструмента непосредственно цехам; распределительная сеть состоит из цеховых инструментальных складов (ИС), с которыми и сносятся, с одной стороны, цехи, а с другой—ОИК. Во всех ИС и ОИК д. б. жестко проведен тот принцип, что на своем постоянном месте должен лежать лишь совершенно годный для работы инструмент. Рабочим д. б. безусловно запрещено самим натачивать или изготовлять себе резцы. Очень выгодным оказалось применение особых раскисляющих для распределения и сбора инструментов; они собирают у рабочих затупившийся инструмент, обменивают его в ИС на исправный и возносят обратно. В результате применения этой системы простой станков уменьшился на 15%, а производительность возросла на 4—8% вследствие более исправного состояния инструментов. Существует много различных способов учета инструментов и приспособлений, выдаваемых на руки рабочим в цехи. Необходимо, чтобы в каждый данный момент с наименьшей затратой труда можно было установить, где находится данный предмет. Иногда каждое рабочее место снабжается необходимым по роду работы нормальным инструментом по

особой описи раз навсегда; инструмент, затупившийся или пришедший в неисправное состояние, обменивается на соответствующий исправный непосредственно по предъявлении пришедшего в негодность и установлении кладовщиком ИС, что порча обусловлена нормальным износом, а не является результатом алой воли или явной небрежности. Специальный же инструмент и приспособления выдаются по мере надобности по требованию, подписанному мастером или его помощником.

Общий ход снабжения завода инструментом при описанной выше системе организации И. д. приблизительно следующий. По получении из конструкционного бюро производственного отдела чертеже, штучных листов, планов обработки и предположительного размера производства БИП составляет для каждой отдельной детали, подлежащей обработке, особый основной список инструментов и приспособлений, служащий исходной точкой для всей дальнейшей деятельности инструментального цеха. Список этот просматривается всеми заинтересован. лицами и окончательно утверждается техник. директором. Затем на каждый из вновь изготовляемых инструментов или приспособлений выписывается основная карточка, на к-рой отмечаются все стадии производства, начиная от выписки заказа и кончая сдачей. По этой карточке, утверждаемой заведующим БИП и служащей одновременно заказом цеху, распределитель следит за степенью готовности и принимает необходимые меры в случае задержки. Для всех вновь заказуемых инструментов выписывается карточка заказа обще-закупочному отделу завода; после получения предложений и отметки соответственных фирм и цен карточка возвращается на утверждение начальнику инструментальн. цеха, после чего лишь м. б. выписан заказ поставщику. Учетный отдел БИП на основании основной карточки выписывает карточку заказа на чертежи, которая в нужный момент передается конструктору вместе со всеми данными. Конструктор попутно с проектированием отмечает на карточке заказа способ, продолжительность и сроки обработки данного инструмента, а на обороте карточки—потребные материалы. На основании заполненной конструктором карточки учетный отдел производит калькуляцию себестоимости, после чего чертежи и карточки даются на утверждение заведующему БИП. По утверждении учетный отдел выписывает карточку заказа ИМ и требование на материал ИМК. Материал, не имеющийся на складе, заказывается нормальным порядком через обще-закупочный отдел. Заказ ИМ выписывается в четырех экземплярах, а требование—в двух: одно из них посылается в ИМК, а другое вместе с одним экземпляром заказа помещается на стенной таблице распределителя. Материал, отрезанный в соответствии с требованием, вместе с карточкой посылается ИМК через распределителя в ИМ; распределитель отмечает на основной карточке отсылку материала и прикладывает к нему 2 экземпляра заказа ИМ и свой экземпляр

требования, после чего все направляется к мастеру ИМ. Последний проверяет наличие материалов по карточке требования, расписывается на одном экземпляре и отправляет его обратно в ИМК, где он служит оправдательным документом; другой экземпляр остается у него для справок. Один экземпляр полученного заказа он оставляет у себя и прикрепляет на стенной таблице, другой идет вместе с работой от одного рабочего к другому, причем на этой карточке отмечают фактически затраченное на каждую операцию время. Третий экземпляр карточки заказа помещается в картотеке сотрудника, наблюдающего за соблюдением сроков, причем он отмечает на ней ход производства помощью цветных рейтеров или путем перемещения карточек из одного отдела картотеки в другой. Четвертый экземпляр карточки до окончательной проверки и приемки готового инструмента остается у распределителя, а затем идет вместе с возвратившейся карточкой, бывшей у мастера, и инструментом в ОИК, откуда одна карточка возвращается с распиской обратно в БИП, а другая остается в ОИК. В ОИК помимо кладовой книги ведется картотека инструментов и приспособлений, расположенная по обрабатываемым деталям (картотека наборов), и кроме того картотека отдельных специальных инструментов и приспособлений по месту хранения (картотека локализации) и наконец картотека нормального инструмента с указанием минимальной наличности, ниже которой не должен падать запас инструментов. ИС выписывает требование ОИК на новый нормальный инструмент взамен пришедшего в негодность на особых бланках, причем одновременно обязательно следят равное число такого же рода инструментов обратно. При каждом новом инструменте или приспособлении, отправляемом в ОИК или ИС, прилагаются ярлык для наклейки на соответствующую полку или ящик.

Для выдачи специального инструмента и приспособлений цеховой мастер или его помощник за несколько дней перед предполагаемым сроком пуска данной детали в производство подает в ИС требование, на котором обозначает лишь номер подлежащей обработке детали, номер операции, фамилию рабочего, которому будет поручена работа, и предполагаемое время начала обработки; кроме того мастер в случае надобности приписывает тот специальный инструмент и приспособления, к-рые, хотя и не поименованы в основной карточке, но по его мнению являются необходимыми. Если инструментальный цех признает необходимость добавления обоснованной, то по всем заинтересованным цехам и кладовым рассылаются карточка изменения набора инструмента. Кладовщик ИС подготавливает весь требуемый инструмент и немедленно выдает его пришедшему за ним рабочему под расписку. Затем карточка набора вынимается из своей картотеки и ставится в ящик выданных инструментов и приспособлений, а на ее место в картотеку ставится требование. При сдаче, после предварительного

просмотра, кладовщик отрывает полосу с подписью и отдает ее обратно рабочему, затем, после подробной проверки, требование гасится и ставится в картотеку статистики использования инструментов и приспособлений. На одном крупном америк. а-де централизация и рационализация по описанной схеме всего И. д. привела к сокращению расходов по снабжению а-да инструментом на 45%, вызвала уменьшение мертвого капитала, вложенного в инструменты и материал на складах, на 65% и сокращение числа рабочих ИМ на 35%.

Существенной частью работы БИП является испытание инструментов и приспособлений. Испытанию подвергаются обязательно все новые конструкции приспособлений и специального инструмента, а также новые материалы и системы нормальных инструментов. Испытание ведется как на экономичность и на достаточную точность работы инструмента или приспособления, так и на удобство и безопасность его обслуживания. Экономичность зависит главным образом от объема снимаемой в единицу времени стружки, устойчивости остроты реза и цены инструмента; при необходимости частой смены большое значение получает возможность быстрого и правильного закрепления инструмента. Точность обработки проверяется измерением пробных деталей, обработанных испытуемым инструментом или в испытуемом приспособлении. Результаты всех испытаний заносятся в книгу или в особую картотеку. На опытной карточке следует также отмечать все позднейшие отзывы цехов и отдельных рабочих об удобствах и недостатках данной системы. БИП сообщает о результатах своих опытов также производственному отделу, к-рый пользуется этими данными при последующем назначении скоростей резания и подач в планах обработки.

В ведении БИП сосредоточена вся работа по нормализации инструментов, приспособлений и деталей их в общезаводском масштабе. Работа по нормализации заключается прежде всего в определении тех деталей и инструментов, нормализация к-рых является желательной и экономически выгодной; затем следует проверка того, не могут ли эти нормальные части быть заменены общегосударственными нормами, и лишь в случае невозможности этого приступают к составлению проектов заводских нормалей. Проект по предварительному утверждению заведующего БИП рассылается всем заинтересованным в производстве и потреблении данной нормальной части цехам и отделениям, и лишь после согласования норма утверждается и вступает в действие.

Первыми факторами всякой механической обработки являются: обрабатываемый предмет, инструмент, т. е. тело, под непосредствен. воздействием которого происходит изменение формы обрабатываемого предмета, и наконец некоторое количество энергии, необходимой для совершения работы изменения формы обрабатываемого предмета в данных условиях. Машиностроитель (станок) является лишь проводником и преобразователем механич. энергии, доставляющим ее в необходимом

виде к месту потребления. При приспособлении для обработки представляет собою промежуточное звено между станком, инструментом и обрабатываемым предметом. Значительная часть инструмента и приспособлений составляет предмет особой промышленности и покупается обычно заводом извне. Т. о. производственной задачей инструментального цеха является гл. обр. постройка специальных приспособлений для обработки и специального инструмента.

Главным материалом для постройки приспособлений и инструментов являются стали углеродистая, легированная и быстрорежущая (см. *Инструментальная сталь*); кроме того в последнее время большое значение приобретают твердые сплавы типа *стеллита* (см.). Мягкая сименс-марتنевская сталь и чугун служат гл. обр. для постройки корпусов приспособлений и неотвественных частей, напр. рукояток, маховичков, ножек, затворов и т. д. По постановлению Герм. союза фабрикантов точных инструментов быстрорежущей сталью м. б. назван лишь материал, содержащий 14—17 единиц LE (*Legierungseinheiten*). Эквивалентными и равными 1 LE признаются следующие количества примесей: 1% W, 0,5% Mo или Co, 0,33% V. Быстрорежущая сталь позволяет снимать гораздо более толстую стружку и работать при больших скоростях резания сравнительно с углеродистой инструментальной сталью; при этом однако следует всегда иметь в виду, что экономическое использование этих качеств быстрорежущей стали возможно лишь при наличии станков достаточной мощности, допускающих требуемые большие скорости и большие размеры сечения стружки; при отсутствии таких станков затраты на приобретение инструментов из быстрорежущей стали могут вызвать, наоборот, повышение стоимости обработки. Вопрос о том, что выгоднее — инструмент из цельной быстрорежущей стали или с наваренными пластинками из нее — до сих пор остается открытым и д. б. решаем для каждого случая отдельно путем сравнительной калькуляции. В еще большей мере он имеющегося станкового оборудования зависит экономич. выгоды применения твердых сплавов, допускающих скорости резания, в 4—6 раз превышающие употребительные при работе с резами из углеродистой стали. Контроль качества стали как материала и в готовых уже инструментах всего надежнее производить металлографич., химич. и механическими испытаниями; более быстрым, а в отдельных случаях и единственно возможным способом является однако испытание на-глаз, по цвету снопа искр, получающегося при шлифовке, и по удельному весу. Испытание по цвету искры требует со стороны производителя его большой опытности (углеродистая сталь дает яржежелтый сноп; менее обильный сноп искр и красноватый цвет их указывают на легированную или быстрорежущую сталь). Удельный вес быстрорежущей стали колеблется ок. 7,8—7,9; при примесях вольфрама (главной примеси в быстрорежущей стали) он довольно быстро увеличивается, а именно: содержание 5% W соответствует уд. в. 8,1, 10%—8,3,



15%—8,6, 17%—8,7, 20%—8,9. При испытании при помощи склероскопа надлежит иметь в виду, что быстрорежущая сталь при комнатной  $t^{\circ}$  мягче аваленной углеродистой стали. В последнее время приобретает значение инструмент из нитрированной стали (см. *Нитрирование* с т а л и).

Инструмент разделяется на следующие три большие группы: режущий, мерительный и давящий.

1) Режущий инструмент служит гл. обр. для обработки при помощи снятия стружки. Главными характеристиками его являются род движения относительно обрабатываемого предмета и форма режущего острия; первым обуславливается форма обрабатываемой поверхности, а второй—величина сопротивления резанию и качество поверхности. Левые всякого режущего инструмента определяется углами, составляемыми гранями лезвия с направленными рабочим движением и подачи (см. *Резцы*). Режущий инструмент разделяется на следующие группы. а) *Резцы* (см.) для токарных и строгальных станков; они делаются как сплошными, так и с наваренными пластинками из быстрорежущей стали или стеллита; равным образом применяются державки (см. *Державки резцовые*) из обыкновенной стали, в которые вставляется лишь лезвие из быстрорежущей стали. б) Инструменты для нарезки винтов; сюда входят: винторезные резцы и гребенки (см. *Винты*), плашки, *метчики* (см.) и винторезные доски. в) Инструменты для высверливания и рассверливания отверстий; они разделяются на: *сверла* (см.)—спиральные, перовые и пушечные, сверлильные оправки, зенкеры и головки для рассверливания отлитых отверстий. Сюда же относятся центровые сверла и *раззенковки* (см.) для высверливания фигурных отверстий. г) Инструменты, служащие для придания уже обработанным отверстиям точных размеров—*развертки* (см.), к-рые делаются постоянными, раздвижными и снабженными сменными лезвиями. д) *Фрезеры* (см.), т. е. многорецовый инструмент с вращательным рабочим движением. е) Шлифовальные и точильные камни (см. *Шлифовальные круги* и *Точила*)—разделяются на естественные и искусственные; последние по способу связи между частями абразивного материала делятся на камни с минеральной, растительной и керамич. связью. ж) *Штампы* (см.) служат для вырезки изделий гл. обр. из листового или полосового материала в холодном состоянии; сюда же относятся и штампы, применяемые для удаления граты на откованных в матрицах изделиях. з) У д а р н ы й режущий инструмент, к к-рому относятся *зубила* (см.), бородки и пробойники (см. *Слесарное дело*). и) *Ножицы* (см.), служащие для разделения листового или полосового материала путем срезования между двумя лезвиями с прямолинейным или вращательным рабочим движением. к) *Лопы* (см.) и *напильники* (см.)—многорецовый инструмент с продольным и более или менее прямолинейным рабочим движением.

2) Мерительный инструмент служит для измерения абсолютных размеров

обрабатываемых частей или для сравнения размеров этих последних с некоторыми принятыми за желательные; сюда же входят эталоны размеров и форм. В соответствии с этим весь мерительный инструмент делится на две большие группы: собственно измерительные инструменты и калибры. а) Измерительные инструменты в тесном смысле слова заключают в себе все шкальные приборы, т. е. приборы, дающие непосредственное цифровое значение измеряемой величины; к ним относятся *микрометры* (см.), *штанген-циркули* (см.), толстомеры, мерительные часы (индикаторы), *мерительные машины* (см.) и угломеры. б) Инструменты для сравнительных измерений длин делятся на 2 группы: *циркули* (см.) и *калибры* (см.); первые служат лишь для снятия размера обрабатываемой части с целью сравнения его потом с каким-либо эталоном; калибры представляют собою беспикальные мерительные приборы, путем сравнения к-рых с соответствующими размерами обрабатываемого предмета получаем представление о том, насколько близко подходит размеры последнего к требуемым. в) К мерительному инструменту относятся также *etalоны* (см.) длин и углов; они разделяются на ш т р и х о в ы е, у к-рых данные линейные и угловые расстояния отмечены штрихами, как напр. линейки, масштабы и транспортиры, и к о н ц е в ы е, у к-рых эталонная длина определяется положением двух или более постоянных поверхностей (напр. мерительные пластинки). г) Инструменты для п р о в е р к и ф о р м — *лекала* (см.)—обычно представляют собою негатив требуемой формы и сверяются с измеряемым предметом или на-глаз (гребенки для резьбы, радиусные лекала и проч.) или при помощи оптич. приборов (снабженные микроскопами приборы для измерения зубчатых колес, резьбы и др.).

3) Инструмент, работающий давлением, служит для обработки без снятия стружки и разделяется на: а) *матрицы* (см.) для ковочных работ как в горячем, так и в холодном состоянии; б) в о л о ч и л ь н ы е д о с к и (см. *Волочение*), служащие для волочения проволоки и медкого фасонного материала; в) ш т а м п ы, работающие изгибом и вытягиванием или выжиманием материала; г) у п л о т н я ю щ и е и н с т р у м е н т ы, работающие наклепом (*burnishing*) и получившие в последнее время значительное распространение при обработке точных отверстий и зубчатых колес (см. *Зуборезные станки*); д) молотки, высадки и прочий кузнечно-слесарный инструмент, работающий давлением (см. *Кузнечное производство* и *Слесарное дело*); е) н а к а т к и для шлифования поверхностей на токарных станках. Наконец последнюю большую группу, относимую обычно также и к И. д., составляют приспособления для обработки (см. *Приспособления*). Они служат как для удобства соединения рабочего инструмента или обрабатываемого предмета со станком, при условии придания им определенного положения, так и для направления инструмента или обрабатываемого предмета и придания им требуемого взаимного положения. Приспособления разделяются на нормальные,

служащие обычно частью станков или являющиеся продуктом особой массовой промышленности, и специальные—конструируемые на самом з-де для обработки данной части или ряда однородных частей. По роду действия приспособления разделяются на следующие разновидности. а) Рабочие зажимы—для удержания обрабатываемого предмета во время обработки и придания ему определенного положения относительно станка; сюда относятся тиски, патроны, *дорны* (см.), делительные головки, центры и различные виды специальных зажимов. б) Инструментальные зажимы—для удержания инструмента и придания ему правильного положения относительно станка; сюда относятся патроны, конусные втулки, резовые державки, оправки, головки для быстрой смены сверлильного инструмента, инструментальные каретки револьверных станков и автоматов. в) Кондукторы—для придания правильного взаимного положения обрабатываемому предмету и инструменту; к ним относятся люнеты, люнетные каретки револьверных станков и разнообразные специальные кондукторы, служащие гл. обр. для сверлильных работ.

*Литт.* Гавриленко А. П., Механика, техн. справочник, 2 издание, ч. 4, вып. 3, М., 1923; Тилгор Ф., Искусство резать металлы, пер. с английского, 2 издание, Берлин, 1922; Гипплер В., Токарное дело и его инструменты в современных производствах, Берлин, 1923; Гофмейстер Г., Проектирование, изготовление и применение кузнечных штампов, пер. с нем., Берлин, 1922; Халльбергер В., Инструментальное дело, ч. 1, М.—Л., 1927; Хрэн А. А., Металлы и их инструменты, Москва, 1926; Machinery's Encyclopedia, New York, 1925; Kronenberg M., Grundzüge d. Zerspanungslehre, Berlin, 1927; Kurrein M., Die Werkzeuge und Arbeitsverfahren der Pressen, 2 Aufl., B., 1926; Lich O., Vorrichtungen im Maschinenbau, 2 Aufl., Berlin, 1927; Müller O. M., Zeitsparende Vorrichtungen im Maschinen- und Apparatebau, Berlin, 1926; Schriften d. Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieurs, B. 3—Spanabhebende Werkzeuge für die Metallbearbeitung u. ihre Hilfseinrichtungen, Berlin, 1925; Müller O., Gewindeschneiden, «Werkstattbüchcr», hrsg. v. E. Simon, Berlin, 1922, H. 1; Kurrein M., Messtechnik, 2 Aufl., ibid., B., 1923, H. 2; Berndt G., Technische Winkelmessungen, ibid., Berlin, 1925, H. 8; Ziehlign F., Die Fräser, ihre Konstruktion und Herstellung, ibid., B., 1925, H. 22; Günhagen F., Vorrichtungsbaue, ibidem, Berlin, 1927, H. 33; «Betriebe», B.; «Maschinenbau», B.; «Werkstattstechnik», Berlin; «Machine modernes», Paris; «American Machinist», L.; «Machinery», L.; «Industrial Management», N. Y.; «Mechanical Engineering», New York.

**ИНТЕГРАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ**, отдел исчисления бесконечно малых (см.), ставящий задачей вычисление и исследование свойств интегралов от ф-ий.

**Неопределенный интеграл.** Нахождение неопределенного интеграла есть задача, обратная дифференцированию. Если производная от ф-ии  $F(x)$  есть  $f(x)$ , то  $F(x)$  по отношению к  $f(x)$  является первообразной ф-ией, или неопределенным интегралом. Это записывается так:

$$F(x) = \int f(x) dx.$$

Ясно, что  $F(x) + C$ , где  $C$ —произвольная постоянная, есть также неопределенный интеграл, так как

$$\frac{d}{dx}[F(x) + C] = \frac{d}{dx}F(x) = f(x).$$

На основании теоремы Лагранжа о конечном приращении (см. *Дифференциальное исчисление*). Э. т. IX.

ние) доказывается, что и обратно—всякая первообразная ф-ии  $f(x)$  выражается в виде  $F(x) + C$ , где  $F(x)$ —какая-нибудь первообразная функция,  $C$ —произвольная постоянная (постоянная интеграции). Записывают это так:

$$\int f(x) dx = F(x) + C.$$

Здесь  $f(x)$  называется подинтегральной ф-ией, а  $f(x)dx$ —подинтегральным выражением. Основные формулы дифференциального исчисления дают, в силу связи между дифференцированием и интегрированием, следующую таблицу элементарных формул И. и.:

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C, \text{ при } n \neq -1;$$

$$\int \frac{dx}{x} = \ln x + C;$$

$$\int e^x dx = e^x + C;$$

$$\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C;$$

$$\int \sin x dx = -\cos x + C;$$

$$\int \cos x dx = \sin x + C;$$

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x + C;$$

$$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x + C;$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x + C;$$

$$\int \frac{dx}{1+x^2} = \arctg x + C;$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1+x^2}} = \ln(x + \sqrt{1+x^2}) + C.$$

Из соответствующих правил дифференциального исчисления легко выводятся следующие правила интегрирования: 1) постоянный множитель можно вынести за знак интеграла; 2) интеграл алгебраич. суммы равен алгебраич. сумме интегралов.

Примеры.

$$1) \int 3 \frac{dx}{\sqrt{x}} = 3 \int x^{-\frac{1}{2}} dx = 6x^{\frac{1}{2}} + C = 6\sqrt{x} + C,$$

$$2) \int (x^3 - 2x^4 + 3x^3 - 3x^2 + 4x - 5) dx = \\ = \frac{x^4}{4} - \frac{2}{5}x^5 + \frac{3}{4}x^4 - x^3 + 2x^2 - 5x + C.$$

Если можно каким-либо преобразованием представить подинтегральное выражение в виде суммы таких, интегралы к-рых известны, то мы получим искомым интеграл как сумму интегралов.

Пример.

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x \cos^2 x} = \int \frac{(\sin^2 x + \cos^2 x) dx}{\sin^2 x \cos^2 x} = \\ = \int \frac{dx}{\cos^2 x} + \int \frac{dx}{\sin^2 x} = \operatorname{tg} x - \operatorname{ctg} x + C.$$

Интеграция при помощи подстановки. Если дан  $\int f(x) dx$  и если введем новое переменное  $t$  у-рем  $x = \varphi(t)$ , то имеем равенство:

$$\int f(x) dx = \int f[\varphi(t)]\varphi'(t) dt.$$

Справедливость ф-лы доказывается дифференцированием. В простых случаях можно

не вводить новой буквы для вспомогательного переменного.

**П р и м е р ы.**

$$1) \int \frac{dx}{a^2 + b^2 x^2}; \text{ полагаем: } x = \frac{at}{b}, dx = \frac{a}{b} dt;$$

$$\int \frac{dx}{a^2 + b^2 x^2} = \frac{1}{ab} \int \frac{dt}{1+t^2} = \frac{1}{ab} \arctg t + C =$$

$$= \frac{1}{ab} \arctg \frac{bx}{a} + C.$$

$$2) \int \operatorname{tg} x dx = \int \frac{\sin x dx}{\cos x} =$$

$$= - \int \frac{d \cos x}{\cos x} = - \ln \cos x + C$$

(здесь опускаем подстановку:  $\cos x = t$ ).

$$3) \int \sin^2 x dx = \int \frac{1 - \cos 2x}{2} dx =$$

$$= \int \frac{1}{2} dx - \int \frac{1}{2} \cos 2x dx;$$

подставляя  $2x = t$ , получаем:

$$\frac{x}{2} - \frac{1}{4} \int \cos 2x d(2x) = \frac{x}{2} - \frac{1}{4} \sin 2x + C.$$

Интегрирование по частям. Этот способ является следствием правила дифференцирования произведения:

$$d(uv) = u dv + v du \text{ и } \int u dv = uv - \int v du.$$

Если в заданном интеграле представим подынтегральное выражение в виде  $u dv$ , то может случиться, что  $\int v du$  представит собой уже известный интеграл или будет проще данного; тогда метод целесообразнее.

**П р и м е р ы.**

$$1) \int x e^x dx; \text{ полагаем } x = u, e^x dx = dv, \text{ тогда}$$

$$v = e^x, du = dx \text{ и } \int x e^x dx = x e^x - \int e^x dx = x e^x - e^x + C.$$

$$2) \int \arctg x dx; \text{ полагая } \arctg x = u, dx = dv, \text{ находим:}$$

$$x \arctg x - \int \frac{x dx}{1+x^2} = x \arctg x - \frac{1}{2} \int \frac{d(1+x^2)}{1+x^2} =$$

$$= x \arctg x - \frac{1}{2} \ln(1+x^2) + C.$$

Интегрирование рациональных функций. Требуется вычислить  $\int \frac{f(x)}{F(x)} dx$ , где  $f(x)$  и  $F(x)$  — многочлены. Если степень  $f(x)$  больше (или равна) степени  $F(x)$ , то при помощи деления выделяем многочлен, который мы умеем интегрировать; остается  $\int \frac{\varphi(x)}{F(x)} dx$ , где степень многочлена  $\varphi(x)$  меньше степени  $F(x)$ . Разлагаем  $F(x)$  на множители:

$$F(x) = (x-a)^\alpha (x-b)^\beta \dots \quad (\alpha \geq 1, \beta \geq 1, \dots).$$

Доказывается, что дробь  $\frac{\varphi(x)}{F(x)}$  м. б. представлена в виде суммы простых дробей:

$$\frac{\varphi(x)}{F(x)} = \frac{A_1}{x-a} + \frac{A_2}{(x-a)^2} + \dots + \frac{A_\alpha}{(x-a)^\alpha} +$$

$$+ \frac{B_1}{x-b} + \frac{B_2}{(x-b)^2} + \dots + \frac{B_\beta}{(x-b)^\beta} \dots \quad (1)$$

Интегрирование каждой из этих дробей не представляет затруднений, напр.:

$$\int \frac{A_1}{x-a} dx = A_1 \ln(x-a) + C; \dots; \int \frac{A_k}{(x-a)^k} dx =$$

$$= A_k \int (x-a)^{-k} dx = \frac{A_k}{-k+1} \cdot \frac{1}{(x-a)^{k-1}} + C.$$

Коэффициенты  $A_1, A_2, \dots, B_1, B_2, \dots$  определяют, приводя дроби к общему знаменателю

и приравнивая в числителях коэффициенты при одинаковых степенях  $x$ .

Пример.  $\int \frac{x^2+1}{x(x-1)^2} dx.$

Имеем:

$$\frac{x^2+1}{x(x-1)^2} = \frac{A}{x} + \frac{B}{x-1} + \frac{C}{(x-1)^2} =$$

$$= \frac{A(x-1)^2 + Bx(x-1) + Cx}{x(x-1)^2}.$$

Сравнение коэф-тов дает: при  $x^2, A+B=1$ ; при  $x, -2A-B+C=0$ ; свободный член  $A=1$ . Отсюда  $B=0, C=2$ . Подставляя и интегрируя, находим:

$$\int \frac{x^2+1}{x(x-1)^2} dx = \int \frac{dx}{x} + 2 \int \frac{dx}{(x-1)^2} =$$

$$= \ln x - \frac{2}{x-1} + C.$$

В случае, если ур-не  $F(x)=0$  имеет мнимые корни, знаменатели простых дробей будут содержать мнимость; но если все коэф-ты многочленов  $\varphi(x)$  и  $F(x)$  действительны, то наряду с комплексным членом будет другой, ему сопряженный; складывая их, мы получим действительное выражение; пусть  $a = p + qi, A_1 = M + Ni$ ; тогда, необходимо,  $\beta = p - qi, B_1 = M - Ni$ ; складывая, имеем

$$\frac{M + Ni}{x-p-qi} + \frac{M - Ni}{x-p+qi} = 2 \frac{M(x-p) - qN}{(x-p)^2 + q^2}.$$

Интеграция дает:

$$\int \left( \frac{A_1}{x-a} + \frac{B_1}{x-p+qi} \right) dx = M \int \frac{2(x-p) dx}{(x-p)^2 + q^2} -$$

$$- 2N \int \frac{q dx}{(x-p)^2 + q^2} = M \ln |(x-p)^2 + q^2| -$$

$$- 2N \arctg \frac{x-p}{q} + C.$$

Интегрирование иррациональных функций. Дан интеграл

$$\int R[x, (ax+b)^{\frac{m_1}{n_1}}, (ax+b)^{\frac{m_2}{n_2}}, \dots] dx,$$

где  $R$  — рациональная функция своих аргументов. Пусть  $N$  — общее наименьшее кратное чисел  $n_1, n_2, \dots$ ; делаем подстановку  $ax+b = t^N$ , тогда

$$x = \frac{t^N - b}{a}, dx = \frac{N t^{N-1}}{a} dt;$$

$$(ax+b)^{\frac{m_1}{n_1}} = t^{M_1}, (ax+b)^{\frac{m_2}{n_2}} = t^{M_2}, \dots$$

$$(M_1 = N \frac{m_1}{n_1}, M_2, \dots \text{ — целые числа}).$$

Интеграл примет вид:

$$\int R \left( \frac{t^N - b}{a}, t^{M_1}, t^{M_2}, \dots \right) \cdot \frac{N}{a} t^{N-1} dt,$$

где подынтегральная функция рациональна.

Пример.  $\int \frac{dx}{x^3 + x^2}$ . Подставим  $t^2 = x$ ; получим:

$$6 \int \frac{t^2 dt}{t^3 + t^2} = 6 \int \left( 1 - t + t^2 - \frac{1}{1+t} \right) dt =$$

$$= 6t - 3t^2 + 2t^3 - 6 \ln(1+t) + C =$$

$$= 6x^{\frac{3}{2}} - 3x^{\frac{3}{2}} + 2x^{\frac{3}{2}} - 6 \ln(1+x^{\frac{1}{2}}) + C.$$

Рассмотрим  $\int R(x, y) dx$ , где  $R$  — рациональная функция аргументов,  $y = \sqrt{a+bx+x^2}$ . Для приведения подынтегрального выражения к рациональному виду служат три Эйлеровы подстановки:

1) Если корни  $\alpha$  и  $\beta$  алгебраич. трехчлена действительны, вводим переменное  $t$  у-рием:

$$\sqrt{c(x-\alpha)(x-\beta)} = (x-\alpha)t;$$

$x$  и  $y$  выразятся рационально через  $t$ .

2) Если  $c > 0$ , то можно положить:

$$\sqrt{a+bx+cx^2} = t \pm x\sqrt{c}.$$

3) Если  $a > 0$ , можно положить:

$$\sqrt{a+bx+cx^2} = \sqrt{a} + tx.$$

Во всех случаях подынтегральная ф-ия будет рациональна относительно  $t$ .

Пример.  $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2+A}}$ . Применим 2-ую под-

становку:  $y = \sqrt{x^2+A} = -x+t$ ; отсюда

$$x = \frac{t^2-A}{2t}, \quad dx = \frac{t^2+A}{2t^2} dt, \quad y = \frac{t^2+A}{2t}.$$

Получаем:

$$\int \frac{dt}{t} = \ln t + C = \ln(x + \sqrt{x^2+A}) + C.$$

Наконец рассмотрим  $\int x^m(a+bx^n)^p dx$  (интеграл от дифференциального бинома);  $m, n, p$  — рациональные числа. Если  $p$  — целое, то подстановка  $x = t^N$ , где  $N$  — общее наименьшее кратное чисел  $m$  и  $n$ , приведет к рациональной функции. В противном случае подстановка  $a+bx^n = t$  приведет к интегралу

$\frac{1}{nb} \int t^p \left(\frac{b-a}{t}\right)^{\frac{m+1}{n}-1} dt$ , который, по предыдущему, можно привести к рациональному виду, если  $\frac{m+1}{n}$  — целое число. Наконец данный интеграл можно записать в виде:  $\int x^{m+np}(b+ax^{-n})^p dx$ , и он может быть приведен к рациональному виду, если  $\frac{m+np+1}{n}$ ,

т. е.  $\frac{m+1}{n} + p$ , есть целое число. К интегралам иррациональных ф-ий относятся т. наз. эллиптические интегралы вида  $\int R(x, y) dx$ , где  $y$  есть корень квадратный из многочлена 4-й или 3-й степени; они не выражаются в элементарных ф-иях (см. Эллиптические функции).

Интегрирование трансцендентных функций. Для интегралов тригонометрич. ф-ий  $\int R(\cos x, \sin x) dx$  (где  $R$  — рациональная ф-ия) всегда приводит к цели подстановка:  $z = \operatorname{tg} \frac{x}{2}$ ; тогда

$$\sin x = \frac{2z}{1+z^2}; \quad \cos x = \frac{1-z^2}{1+z^2}; \quad dx = \frac{2dz}{1+z^2}.$$

Пример.

$$\int \frac{dx}{\sin x} = \int \frac{1+z^2}{2z} \cdot \frac{2dz}{1+z^2} = \int \frac{dz}{z} \ln z + C = \ln \operatorname{tg} \frac{x}{2} + C.$$

В отдельных случаях можно этой подстановки избежать, напр.:

$$\int \sin^2 x \cos^3 x dx = \int \sin^2 x (1 - \sin^2 x) d \sin x = \int \frac{\sin^3 x}{2} - \frac{\sin^5 x}{5} + C;$$

$$\int \frac{dx}{\sin^4 x} = \int \frac{1}{\sin^2 x} \cdot \frac{dx}{\sin^2 x} = - \int (1 + \operatorname{ctg}^2 x) d \operatorname{ctg} x = - \operatorname{ctg} x - \frac{\operatorname{ctg}^3 x}{3} + C.$$

Рассмотрим еще интеграл:

$$I = \int e^{ax} \cos bx dx.$$

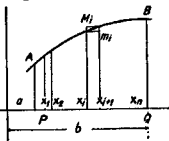
Две интеграции по частям дают:

$$I = e^{ax} \cdot \frac{1}{b} \sin bx - \frac{a}{b} \int e^{ax} \sin bx dx = \frac{1}{b} e^{ax} \sin bx + \frac{a}{b^2} e^{ax} \cos bx - \frac{a^2}{b^2} I.$$

Решая это у-ие относительно  $I$ , получаем:

$$I = \frac{e^{ax} (a \cos bx + b \sin bx)}{a^2 + b^2}.$$

**Определенный интеграл.** Исторически И. и. возникло в связи с решением геометрич. задачи — найти площадь криволинейной фигуры. Пусть нам дана кривая  $y=f(x)$ ; предположим, что ее ординаты положительны; требуется определить площ.  $PABQ$ , ограниченную сверху кривою, снизу осью абсцисс, а с боков — ординатами, соответствующими  $x=a$  и  $x=b$  (фиг. 1). Делим отрезок  $PQ$  на  $n$  частей точками  $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$  (обозначим  $a$  через  $x_0$ ,  $b$  — через  $x_n$ ); из точек деления восстанавливаем ординаты; искомая площадь разделится на полоски. Площадь полоски с основанием, равным  $x_{i+1} - x_i = \Delta x_i$ , заключена между площадями двух прямоугольников, из к-рых больший имеет высоту  $M_i$ , равную наибольшей ординате в промежутке  $(x_i, x_{i+1})$ , меньший  $m_i$  — наименьшую ординату. Вся площадь заключена между двумя суммами:  $\sum_{i=0}^{n-1} M_i \Delta x_i$  (по избытку)



Фиг. 1.

и  $\sum_{i=0}^{n-1} m_i \Delta x_i$  (по недостатку). Доказывается,

что, когда  $n$  безгранично увеличивается и длины интервалов стремятся к нулю, обе эти суммы имеют общий предел, назыв. о. п. р. деленным и н т е г р а л о м ф-ии  $f(x)$  в пре-

делах от  $a$  до  $b$ ; его записывают так:  $\int_a^b f(x) dx$ ;

этот интеграл представляет площадь  $PABQ$  (если ординаты кривой отрицательны, определенный интеграл дает величину площади со знаком  $-$ ). Мы предположили  $a < b$ ; пусть теперь  $a > b$ , — все рассуждения сохраняются, но  $\Delta x_i$  будут отрицательны, и мы получим

$$\int_a^b f(x) dx = - \int_b^a f(x) dx.$$

Отметим еще три формулы:

$$\int_a^a f(x) dx = 0; \quad \int_a^b f(x) dx = \int_a^c f(x) dx + \int_c^b f(x) dx;$$

$$\int_a^b f(x) dx = f(\xi)(b-a),$$

где  $\xi$  — нек-рая промежуточная точка интервала  $(a, b)$  (теорема о среднем значении).

Связь определенного интеграла с неопределенным. Предположим, что верхний предел определенного интеграла переменная величина  $X$ ; сам интеграл

станет функцией этого верхнего предела:

$$F(X) = \int_a^X f(x) dx.$$

Вычислим производную от  $F(X)$  по  $X$ :

$$F(X+h) - F(X) = \int_a^{X+h} f(x) dx - \int_a^X f(x) dx =$$

$$\int_X^{X+h} f(x) dx = h f(\xi)$$

(по теореме о среднем значении);

$$F'(X) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{F(X+h) - F(X)}{h} = \lim_{h \rightarrow 0} f(\xi) = f(X).$$

Эта производная есть подинтегральная функция, следовательно определенный интеграл с переменным верхним пределом есть первообразная функция, т. е. неопределенный интеграл:

$$\int f(x) dx = \int f(x) d(x) + C = F(x) + C. \quad (2)$$

Отсюда — метод вычисления определенного интеграла с помощью неопределенного. Подставляя в двух последних частях равенства (2) вместо  $x$  последовательно  $a$  и  $b$  и вычитая из второго тождества первое, найдем

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a) = [F(x)]_a^b$$

(последнее выражение читается:  $F(x)$  с подстановкой  $a, b$ ).

Пример.  $\int_1^2 \frac{dx}{x} = [\ln x]_1^2 = \ln 2.$

Ф-лы для интегрирования суммы, для постоянного множителя и интегриации по частям в случае определенного интеграла напишутся так:

$$\int_a^b (u + v - w) dx = \int_a^b u dx + \int_a^b v dx - \int_a^b w dx;$$

$$\int_a^b c f(x) dx = c \int_a^b f(x) dx;$$

$$\int_a^b uv' dx = [uv]_a^b - \int_a^b vu' dx.$$

При интегрировании с помощью подстановки  $x = \varphi(t)$  надо вычислить те значения  $t$ , к-рые соответствуют значениям  $x = a, x = b$ ; пусть это будут  $t_0, t_1$ . Тогда

$$\int_a^b f(x) dx = \int_{t_0}^{t_1} f(\varphi(t)) \varphi'(t) dt.$$

Пример.  $\int_0^a \sqrt{a^2 - x^2} dx.$

Подстановка:  $x = a \sin t; dx = a \cos t dt.$

При  $x=0, t=0$ ; при  $x=a, t=\frac{\pi}{2}$ . Т. о.

$$\int_0^a \sqrt{a^2 - x^2} dx = a^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 t dt =$$

$$= a^2 \left[ \frac{t}{2} + \frac{\sin 2t}{4} \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\pi a^2}{4}.$$

Мы вычислили таким обр. площадь  $\frac{1}{4}$  круга

( $y = +\sqrt{a^2 - x^2}$  есть уравнение верхней полуокружности с радиусом  $a$  и с центром в начале координат). Т. к. ур-ние эллипса можно написать в виде:  $y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$ , то площадь эллипса равна  $\pi ab$ .

Теоремы о среднем значении.  
1) Пусть  $f(x)$  и  $\varphi(x)$  — непрерывные функции, причем  $\varphi(x) > 0$  в интервале  $(a, b)$ , тогда

$$\int_a^b f(x) \varphi(x) dx = f(\xi) \int_a^b \varphi(x) dx,$$

где  $\xi$  — некая точка между  $a$  и  $b$ .

2) Пусть  $\varphi(x)$  положительна и убывает между  $a$  и  $b$ ; тогда

$$\int_a^b f(x) \varphi(x) dx = \varphi(a) \int_a^{\xi} f(x) dx,$$

где  $a < \xi < b$ . Если  $\varphi(x)$  убывает, не оставаясь положительным, то

$$\int_a^b f(x) \varphi(x) dx = \varphi(a) \int_a^{\xi} f(x) dx + \varphi(b) \int_{\xi}^b f(x) dx.$$

Несобственные интегралы. Иногда можно определить интеграл, если подинтегральная функция не остается непрерывной. Пусть в частности  $f(x)$  обращается в  $\infty$  при  $x=a$ ; тогда, если

$$\int f(x) dx = F(x),$$

мы определим

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{a+\varepsilon}^b f(x) dx = F(b) - \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} F(a+\varepsilon),$$

если этот предел существует.

Пример.  $\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{x}}$ ; подинтегральная функция

бесконечно велика при бесконечно малом  $x$ ; имеем:

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{\varepsilon}^1 \frac{dx}{\sqrt{x}} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} [2\sqrt{x}]_{\varepsilon}^1 = 2 - 2 \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \sqrt{\varepsilon} = 2.$$

Часто приходится также рассматривать такие интегралы, у которых один или оба предела бесконечности. Они определяются также с помощью понятия предела, например:

$$\int_a^{\infty} f(x) dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_a^b f(x) dx.$$

Примеры.

$$\int_0^{\infty} e^{-x} dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_0^b e^{-x} dx = [-e^{-x}]_0^{\infty} = 1;$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx}{1+x^2} = [\arctg x]_{-\infty}^{+\infty} = \arctg(+\infty) -$$

$$- \arctg(-\infty) = \frac{\pi}{2} - \left(-\frac{\pi}{2}\right) = \pi.$$

Приложения простых интегралов. Площадь, ограниченная плоской кривой. Мы уже видели, что площадь криволинейной трапеции  $PABQ$  (фиг. 1) выражается интегралом  $\int_a^b f(x) dx$ . Более сложные

площади приводят делением к площадям

рассмотренного вида. Иногда выгодно изменить полярные координаты. Пусть уравнение кривой  $r = f(\varphi)$ . Площадь сектора (фиг. 2)  $AOB$  разбиваем на  $n$  элементарных секторов с углами при вершине  $\Delta\varphi_i$ . Каждый такой сектор представим по избытку и недостатку как

круговой, по формулам  $\frac{1}{2} M_i^2 \Delta\varphi_i$  и  $\frac{1}{2} m_i^2 \Delta\varphi_i$ , где

$M_i$  и  $m_i$  — наибольший и наименьший радиусы-векторы. В пределе при  $n \rightarrow \infty$  имеем:

$$\text{площадь } AOB = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} r^2 d\varphi = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} [f(\varphi)]^2 d\varphi.$$

Если замкнутая кривая окружает начало, за пределы интегрирования принимают 0 и  $2\pi$ .

**Пример.** Уравнение круга в полярных координатах  $r = a$ . Площадь круга равна

$$\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} a^2 d\varphi = \pi a^2.$$

Длина дуги. Дифференциал дуги (см. Дифференциальная геометрия)  $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$ . Если кривая задана уравнением  $y = f(x)$ , то ее дуга между точками с абсциссами  $a$  и  $b$  равна

$$s = \int_a^b \sqrt{1 + [f'(x)]^2} dx.$$

В случае параметрич. уравн

$$s = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} dt.$$

**Пример.** Для циклоиды дифференциал дуги

$$ds = 2a \sin \frac{t}{2} dt.$$

Длина одной ветви

$$s = 2a \int_0^{2\pi} \sin \frac{t}{2} dt = -4a \left[ \cos \frac{t}{2} \right]_0^{2\pi} = 8a.$$

Длина дуги в полярных координатах дается формулой:

$$s = \int_a^b \sqrt{dr^2 + r^2 d\varphi^2}.$$

Объем тела вращения. Кривая  $y = f(x)$  вращается около оси абсцисс; требуется определить объем, ограниченный поверхностью вращения и плоскостями  $x = a$ ,  $x = b$ . Разбивая объем на элементарные, которые вычисляем по избытку и недостатку как круглые цилиндры, и переходя к пределу, найдем:

$$V = \pi \int_a^b y^2 dx = \pi \int_a^b [f(x)]^2 dx.$$

Вообще, если у тела любой формы площади сечений, перпендикулярных к оси абсцисс, известны в функции  $x$ , напр.  $X$ , то объем выражается следующим образом:

$$V = \int_a^b X dx.$$

**Пример.** Найти объем эллипсоида

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1.$$

При данном  $x$  имеем в сечении эллипс

$$\frac{y^2}{b^2 \left( \frac{a^2 - x^2}{a^2} \right)} + \frac{z^2}{c^2 \left( \frac{a^2 - x^2}{a^2} \right)} = 1$$

с полуосями  $\frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$  и  $\frac{c}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$  и с площадью  $\frac{\pi bc}{a^2} (a^2 - x^2)$ . Искомый объем

$$V = \frac{\pi bc}{a^2} \int_{-a}^a (a^2 - x^2) dx = \frac{4}{3} \pi abc.$$

Поверхность тела вращения  $S$  выражается интегралом:

$$S = 2\pi \int_a^b y ds = 2\pi \int_a^b f(x) \sqrt{1 + [f'(x)]^2} dx.$$

Центр тяжести. В механике координаты ц. т. системы точек  $P_1$  с массой  $m_1$  и координатами  $(x_1, y_1)$ ,  $P_2$  ( $m_2, x_2, y_2$ )... даются формулами:

$$x = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}, \quad y = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}.$$

Если масса распределена непрерывно, мы совершаем переход к пределу и вместо сумм получаем интегралы.

1) Центр тяжести дуги. Принимая массу единицы длины равной 1, будем иметь:

$$\bar{x} = \frac{\int x ds}{\int ds}, \quad \bar{y} = \frac{\int y ds}{\int ds}.$$

2) Центр тяжести плоской фигуры. Считаем массу единицы площади равной 1. Берем криволинейную трапецию, разбиваем ее на полосы и заменяем их прямоугольниками. Замечая, что площадь элементарного прямоугольника равна  $y \Delta x$ , а ц. т. находится на половине высоты, получаем, переходя к пределу:

$$\bar{x} = \frac{\int x y dx}{\int y dx}; \quad \bar{y} = \frac{\frac{1}{2} \int y^2 dx}{\int y dx}.$$

**Пример.** Найти ц. т. полукруга

$$y = \sqrt{a^2 - x^2}.$$

Очевидно

$$\bar{x} = 0; \quad \bar{y} = \frac{1}{2} \int_{-a}^a (a^2 - x^2) dx = \frac{1}{2} \pi a^2 = \frac{4a}{3\pi}.$$

Момент инерции плоской фигуры. Момент инерции относительно оси абсцисс конечной системы точек  $I_x$  имеет выражение:  $I_x = \sum m_i y_i^2$ , а относительно оси ординат:  $I_y = \sum m_i x_i^2$ . Для криволинейной трапеции

получим:  $I_x = \int_a^b x^2 y dx$ . Для вычисления  $I_y$

заметим, что момент инерции элементарного прямоугольника равен  $\frac{y^3}{3} \Delta x$ , откуда

$$I_y = \frac{1}{3} \int_a^b y^3 dx.$$

Интеграл как функция параметра. Пусть подинтегральная функция зависит, кроме  $x$ , еще и от параметра  $t$ . Интеграл

$\int_a^b f(x, t) dx$  не зависит, как мы видели, от  $x$ ,

но является функцией параметра  $t$ . Применяя определение производной, получаем формулу:

$$\frac{d}{dt} \int_a^b f(x, t) dx = \int_a^b \frac{\partial}{\partial t} f(x, t) dx,$$

дающую правило дифференцирования определенного интеграла по параметру. Если пределы интегрирования  $a$  и  $b$  тоже зависят от  $t$ , формула примет вид:

$$\frac{d}{dt} \int_a^b f(x, t) dx = \int_a^b \frac{\partial}{\partial t} f(x, t) dx + f(b, t) \frac{db}{dt} - f(a, t) \frac{da}{dt}.$$

Определенный интеграл как функцию параметра можно также интегрировать по параметру. В случае постоянных пределов имеем:

$$\int_a^b \left\{ \int_a^b f(x, t) dx \right\} dt = \int_a^b \left\{ \int_a^b f(x, t) dt \right\} dx,$$

т. е. порядок интегрирования по переменному и по параметру можно менять. В случае бесконечных пределов интегрирования это правило справедливо только в случае равномерной сходимости интеграла  $\int_a^b f(x, t) dx$ ; это значит: для сколь угодно малого  $\epsilon$  можно найти достаточно большое  $b$  так, что

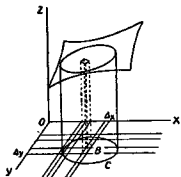
$$\left| \int_b^{\infty} f(x, t) dx \right| < \epsilon$$

для всех значений  $t$  в пределах интегрирования.

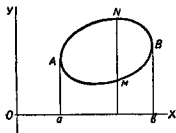
**Приближенное вычисление интегралов** (механические квадратуры)—см. *Вычисления приближенные*.

**Интегрирование рядов**—см. *Ряды*.

**Двойные интегралы.** Дана непрерывная функция от двух переменных  $f(x, y)$ . Уравнение  $z = f(x, y)$  геометрически представит поверхность. Требуется определить объем,



Фиг. 3.



Фиг. 4.

ограниченный этой поверхностью, плоскостью  $XU$  и цилиндром, поверхностью, направляющей которой—замкнутая кривая  $C$  на плоскости  $XU$ . Разбиваем плоскость  $XU$  прямыми, параллельными осям координат, на маленькие прямоугольные площадки  $\Delta x \cdot \Delta y$  и через линии деления проводим плоскости, параллельные  $OZ$  (фиг. 3). Отберем те прямоугольники, которые имеют общие точки с площадью  $B$ , ограниченной кривою  $C$ ;

в каждом прямоугольнике берем соответствующее значение  $f(x, y)$ , напр.  $f(x_i, y_j)$ , и составляем сумму:  $\sum f(x_i, y_j) \Delta x \Delta y$ . Предел этой суммы, когда  $\Delta x$  и  $\Delta y$  стремятся к нулю, запишется как  $\iint_B f(x, y) dx dy$  (двойной интеграл, распространяемый на область  $B$ ).

Геометрически он представит искомый объем. Для вычисления двойного интеграла производим под знаком  $\sum$  суммирование сначала по  $y$ , потом по  $x$  (или наоборот). Предположим, что кривая пересекается параллелями к оси ординат в двух точках. При переходе к пределу придется сначала интегрировать по  $y$  от  $M$  до  $N$ , затем по  $x$  от  $a$  до  $b$  (фиг. 4). Для аналитического выражения предположим, что дуга  $AMB$  дана уравнением  $y = \varphi_1(x)$ , дуга  $ANB$ —уравнением  $y = \varphi_2(x)$ .

Тогда

$$\iint_B f(x, y) dx dy = \int_a^b dx \int_{\varphi_1(x)}^{\varphi_2(x)} f(x, y) dy.$$

В частности, если  $B$ —прямоугольник, ограниченный прямыми:  $x = a$ ;  $x = b$ ;  $y = c$ ;  $y = d$ , получим:

$$\iint_B f(x, y) dx dy = \int_a^b dx \int_c^d f(x, y) dy$$

(пределы по  $y$  также постоянны).

Замена переменных в двойном интеграле. Пусть надо ввести такие переменные  $u$  и  $v$ , что  $x = \varphi(u, v)$ ,  $y = \psi(u, v)$ . Тогда имеем формулу:

$$\iint_B f(x, y) dx dy = \iint_W f[\varphi(u, v), \psi(u, v)] |D| du dv,$$

где  $D$  есть определитель Якоби:

$$D = \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial v} \\ \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial v} \end{vmatrix},$$

а  $W$ —область плоскости  $(u, v)$ , в которую переходит область  $B$ . В частности при переходе к полярным координатам  $x = r \cos \varphi$ ,  $y = r \sin \varphi$ , имеем:

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial r} & \frac{\partial x}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial y}{\partial r} & \frac{\partial y}{\partial \varphi} \end{vmatrix} = r,$$

следовательно

$$\iint_B f(x, y) dx dy = \iint_W f(r \cos \varphi, r \sin \varphi) r dr d\varphi.$$

**Пример.** Интеграл Пуассона

$$I = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} dx.$$

Имеем

$$I^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} dx \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-y^2} dy = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2-y^2} dx dy$$

двойной интеграл, распространенный на всю площадь. Переходим к полярным координатам:

$$I^2 = \iint e^{-r^2} r dr d\varphi = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\infty} e^{-r^2} r dr = \pi,$$

следовательно  $I = \sqrt{\pi}$ .

Приложения двойного интеграла. Кроме вычисления объемов двойной интеграл служит для вычисления кривых

поверхностей. Здесь имеем ф-лу: площадь поверхности  $z=f(x, y)$ , ограниченной цилиндром с направляющей  $C$ :

$$S = \iint_{(B)} \sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2} dx dy,$$

где

$$f_x = \frac{\partial f}{\partial x}, \quad f_y = \frac{\partial f}{\partial y}.$$

Координаты ц. т. площади  $B$  выразятся так:

$$x = \frac{\int f x dx dy}{B}, \quad y = \frac{\int f y dx dy}{B}.$$

Момент инерции площади  $B$  относительно оси ординат:

$$I = \iint_{(B)} x^2 dx dy.$$

**Тройной интеграл.** Дается функция трех переменных  $f(x, y, z)$  и область  $B$ , ограниченная поверхностью  $S$ . Пространство разбивается плоскостями, параллельными координатным, на малые параллелепипеды и составляется сумма произведений значений ф-ии внутри параллелепипеда на его объем:

$$\sum f(x_i, y_k, z_l) \Delta x \Delta y \Delta z;$$

знак суммы распространяется на параллелепипеды, имеющие общие точки с  $B$ . Предел этой суммы есть тройной интеграл:

$\iiint_{(B)} f(x, y, z) dx dy dz$ . Его вычисление сводится к последовательному интегрированию

сначала по  $x$ , затем по  $y$ , наконец—по  $z$ . Тройной интеграл применяется к вычислению ц. т. и моментов инерции объемов, также в гидромеханике, теории потенциала и т. д.

**Криволинейные интегралы.** Пусть задана функция  $f(x, y)$  и на плоскости  $XU$  кривая  $C: x=\varphi(t), y=\psi(t)$ . Под криволинейным интегралом по кривой  $C$  от точки  $A(t_0)$  до точки  $B(t_1)$ , т. е.  $\int_C f(x, y) dx$ , понимается

интеграл  $\int_{t_0}^{t_1} P[\varphi(t), \psi(t)] \varphi'(t) dt$ . Этот интеграл

зависит от направления кривой: интеграл от  $B$  до  $A$  равен интегралу от  $A$  до  $B$ , взятому с обратным знаком. Аналогично определяется

$\int Q(x, y) dy$  и наиболее общий криволинейный интеграл

$$\int_C P dx + Q dy.$$

Если в частности кривая  $C$  замкнутая и ограничивает область  $B$ , то существует следующая связь криволинейного интеграла с двойным (ф-ла Грина):

$$\int_C P dx + Q dy = \iint_{(B)} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) dx dy.$$

Подобно криволинейному интегралу определяется интеграл по поверхности. Имеем ф-ию от 3 переменных  $R(x, y, z)$  и поверхность  $S$ ; тогда

$$\iint_{(S)} R(x, y, z) dx dy dz = \iint_{(S)} R(x, y, z) \cos \gamma d\sigma,$$

где  $x, y, z$  выражены в функции переменных  $u, v$  (см. *Дифференциальная геометрия*),  $d\sigma$ —элемент площади поверхности,  $\gamma$ —угол

нормали с осью  $OZ$ . Наиболее общий интеграл по поверхности

$$\begin{aligned} \iint_{(S)} P dy dz + Q dz dx + R dx dy = \\ = \iint_{(S)} (P \cos \alpha + Q \cos \beta + R \cos \gamma) d\sigma, \end{aligned}$$

где  $\alpha, \beta, \gamma$ —углы нормали с осями  $OX$  и  $OY$ . Если поверхность  $S$  замкнута и ограничивает объем  $V$ , то этот интеграл равен  $\iiint_{(V)} \left( \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \right) dx dy dz$  (ф-ла Остро-

градского-Грина). Пусть в пространстве дан криволинейный интеграл  $\int_C P dx +$

$+ Q dy + R dz$ . Если кривая  $L$  замкнутая, то этот интеграл можно выразить через двойной интеграл по части произвольной поверхности  $\Sigma$ , ограниченной кривой  $L$ ; а именно, имеет место равенство (формула Стокса):

$$\begin{aligned} \int_C P dx + Q dy + R dz = - \iint_{(\Sigma)} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial R}{\partial y} \right) dy dz + \\ + \left( \frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z} \right) dz dx + \left( \frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) dz dy. \end{aligned}$$

Эти формулы имеют большое применение в механике; их более простую запись и геометрическую интерпретацию дает *векторное исчисление* (см.).

Лит.: Гурса Э., Курс математич. анализа, пер. с франц., т. 1, Москва, 1911; Флишс Г., Интегральное исчисление, пер. с англ., М.—Л., 1927; Гренвилл В., Элементы дифер. и интегр. исчисления, пер. с англ., ч. 2, 6 изд., М.—Л., 1928; Бибербах Л., Дифференциальное и интегральное исчисление, пер. с нем., ч. 2—Интегральное исчисление, Москва, 1924. В. Степанов.

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ**, ур-ия в к-рых искомая ф-ия входит под знаком интеграла. Первое И. у. получено и решено Абелем, исследовавшим механич. задачу: определить вид кривой, по к-рой движется маятник, если время колебания  $T$  есть данная ф-ия наибольшей высоты. Представляя ур-ие искомой кривой в виде  $s = \Phi(z)$  ( $s$ —длина дуги,  $z$ —высота), мы для ф-ии  $\varphi(z) = \Phi'(z)$  получаем И. у. Абеля:

$$f(h) = \int_0^h \frac{\varphi(z) dz}{\sqrt{h-z}}, \quad (1)$$

где  $f(h) = \sqrt{\frac{g}{2}} T$  ( $g$ —ускорение силы тяжести). Ур-ие (1) имеет решение:

$$\Phi(h) = \int_0^h \varphi(z) dz = \frac{1}{\pi} \int_0^h \frac{f(z) dz}{\sqrt{h-z}}.$$

Общая теория И. у. создана трудами Вольterra, Фредгольма, Гильберта и др.

Уравнения Вольterra 1-го рода являются обобщением ур-ия Абеля; общий вид такого ур-ия:

$$f(x) = \int_0^x K(x, s) \varphi(s) ds, \quad (2)$$

где  $f$  и  $K$ —данные ф-ии, а  $\varphi$ —искомая ф-ия. Ф-ия  $K$  называется ядром И. у.; в случае (1) ядро равно  $\frac{1}{\sqrt{x-s}}$ ; оно бесконечно при  $x=s$ ; этот случай в об-щей теории представит.



некоторые затруднения. Если же ядро уравнения (2) непрерывно и дифференцируемо, то, дифференцируя ур-ие (2) по  $x$ , получаем:

$$f'(x) = K(x, x) \varphi(x) + \int_a^x K_x(x, s) \varphi(s) ds;$$

предполагая  $K(x, x) \neq 0$ , можем разделить обе части ур-ия на него; применяя новые обозначения, получим ур-ие вида:

$$f(x) = \varphi(x) + \int_a^x K(x, s) \varphi(s) ds, \quad (3)$$

уравнение Вольтерра 2-го рода ( $K$  и  $f$ —известны,  $\varphi$ —ищется). Для решения уравнения (3) вводим параметр  $\lambda$  и составим уравнение вида:

$$\varphi(x) = \lambda \int_a^x K(x, s) \varphi(s) ds + f(x). \quad (3')$$

Ищем решение в виде степенного ряда:

$$\varphi(x) = \varphi_0(x) + \lambda \varphi_1(x) + \lambda^2 \varphi_2(x) + \dots + \lambda^n \varphi_n(x) + \dots \quad (4)$$

Подставляя выражение (4) в ур-ие (3) и приравнявая коэффициенты при различных степенях  $\lambda$ , находим:

$$\varphi_0(x) = f(x); \quad \varphi_1(x) = \int_a^x K(x, s) \varphi_0(s) ds;$$

$$\varphi_2(x) = \int_a^x K(x, s) \varphi_1(s) ds, \dots$$

$$\varphi_n(x) = \int_a^x K(x, s) \varphi_{n-1}(s) ds.$$

Ряд (4) сходится при всех значениях  $\lambda$ ; при  $\lambda = 1$  имеем решение ур-ия (3). Решение (4) можно представить одной формулой. Назовем

$$\int_a^x K(x, t) K(t, y) dt = K^{(2)}(x, y),$$

$$\int_a^x \int_a^y K^{(2)}(x, t) K(t, y) dt = K^{(3)}(x, y), \dots$$

$$\int_a^x \int_a^y \int_a^z K^{(n-1)}(x, t) K(t, y) dt = K^{(n)}(x, y), \dots$$

последовательными повторениями ядра  $K$ . Составим ф-ию:

$$\Gamma(x, y; \lambda) = K(x, y) + \lambda K^{(2)}(x, y) + \dots + \lambda^{(n-1)} K^{(n)}(x, y) + \dots, \quad (5)$$

т. наз. резольвенту ур-ия (3'). Тогда решение (4) запишется так:

$$\varphi(x) = f(x) + \int_a^x \Gamma(x, s; \lambda) f(s) ds.$$

Наряду с И. у. Вольтерра в приложениях встречается интегро-дифференциальное ур-ие, где вместе с искомой ф-ией  $\varphi$  входят также ее производные (как под знаком интеграла, так и вне его). Обыкновенно рассматриваются интегро-дифференциальные ур-ия линейные (в  $k$ -х искомая ф-ия и ее производные входят линейно).

Другой важный тип И. у.—уравнение Фредгольма. Общий вид ур-ия Фредгольма (2-го рода):

$$\varphi(x) = \int_a^b K(x, s) \varphi(s) ds + f(x).$$

Здесь опять  $K$  (ядро) и  $f$ —данные ф-ии,  $\varphi$ —

искомая ф-ия; отличие от ур-ия Вольтерра в том, что оба предела интегрирования  $a$  и  $b$  постоянны. Мы попрежнему рассматриваем более общее уравнение

$$\varphi(x) = \lambda \int_a^b K(x, s) \varphi(s) ds + f(x). \quad (6)$$

И здесь можно искать разложение в форме (4), причем будем иметь:

$$\varphi_0(x) = f(x); \quad \varphi_1(x) = \int_a^b K(x, s) \varphi_0(s) ds,$$

$$\varphi_2(x) = \int_a^b K(x, s) \varphi_1(s) ds, \dots,$$

$$\varphi_n(x) = \int_a^b K(x, s) \varphi_{n-1}(s) ds.$$

Повторения ядра для И. у. Фредгольма определяются так:

$$\int_a^b K(x, s) K(s, y) dy = K^{(2)}(x, y),$$

$$\int_a^b \int_a^b K^{(2)}(x, s) K(s, y) dy = K^{(3)}(x, y), \dots,$$

$$\int_a^b \int_a^b \int_a^b K^{(n-1)}(x, s) K(s, y) dy = K^{(n)}(x, y), \dots$$

С этими новыми выражениями повторений резольвента  $\Gamma(x, y; \lambda)$  выразится той же ф-лой (5), а решения ур-ия (6)—

$$\varphi(x) = f(x) + \lambda \int_a^b \Gamma(x, s; \lambda) f(s) ds. \quad (7)$$

Но в И. у. Фредгольма встречается особенность: ряд (5) сходится только для значений  $\lambda$ , достаточно малых по модулю. Фредгольму удалось дать выражение резольвенты для всех значений  $\lambda$  в виде частного двух ф-ий, целых относительно  $\lambda$ :

$$\Gamma(x, y; \lambda) = \frac{D(x, y; \lambda)}{D(\lambda)}.$$

Для значений  $\lambda$ , не обращающих в нуль знаменатель, решение ур-ия (6) дается ф-лой (7); если же  $D(\lambda) = 0$  для  $\lambda = c$ , то уравнение (6) при произвольной ф-ии  $f(x)$  вообще не имеет решения; зато имеет решение (одно или несколько, отличное от нуля, соответствующее однородное ур-ие:

$$\varphi(x) = c \int_a^b K(x, s) \varphi(s) ds. \quad (8)$$

Эти значения  $c$  называются фундаментальными числами, а соответствующие им решения ур-ия (8)—фундаментальными функциями. Особенно интересный класс представляют И. у. с симметричным ядром, т. е. такие, где  $K(x, y) = K(y, x)$ . Здесь мы имеем следующие свойства: всякое симметричное ядро обладает хотя одним фундаментальным числом (собственными значениями); все собственные значения  $\lambda_1, \lambda_2, \dots$  действительны; соответствующие им фундаментальные (собственные) ф-ии  $\varphi_1(x), \varphi_2(x), \dots$  можно выбрать так, что они образуют ортогональную систему в интервале  $(a, b)$ , т. е.

$$\int_a^b \varphi_i(x) \varphi_k(x) dx = 0 \quad (i \neq k);$$

такова например система  $1, \cos x, \cos 2x, \dots, \sin x, \sin 2x, \dots$  в интервале  $(0, 2\pi)$ .

Так как собственные функции определяются с точностью до постоянного множителя, то их можно предполагать нормированными, т. е.

$$\int_a^b [\varphi_i(x)]^2 dx = 1.$$

Если симметричное ядро имеет только конечное число собственных значений, а собственные функции приведены к ортогональной и нормальной системе, то имеет место следующее равенство:

$$K(x, y) = \frac{\varphi_1(x)\varphi_1(y)}{\lambda_1} + \frac{\varphi_2(x)\varphi_2(y)}{\lambda_2} + \dots \quad (9)$$

(некоторые  $\lambda_i$  м. б. равны между собою). Равенство (9) имеет место и для случая бесконечного множества чисел  $\lambda_i$  при некоторых ограничениях, наложенных на ядро. При этих условиях резольвента имеет вид:

$$G(x, y; \lambda) = \sum \frac{\varphi_i(x)\varphi_i(y)}{\lambda_i - \lambda}.$$

Связь И. у. с дифференциальными уравнениями. Многие задачи математической физики (напр. колебание неоднородной струны с закрепленными концами) приводятся к решению дифференциального уравнения 2-го порядка:

$$(pu')' - qu + \lambda u = 0, \quad (10)$$

с граничными условиями:  $u(a) = 0, u(b) = 0$ ; ( $p, q$  — ф-ии от  $x$ ;  $p > 0$ ;  $\lambda$  — неизвестная постоянная). Ур-не (10) приводится к И. у. типа Фредгольма с симметричным ядром. Для этого строим функцию Грина  $G(x, \xi)$ . Это есть решение дифференциального уравнения  $(pu')' - qu = 0$ , удовлетворяющее граничным условиям, непрерывное между  $a$  и  $b$ ; но 1-я производная по  $x$  имеет в точке  $\xi$  ( $a < \xi < b$ ) разрыв непрерывности:

$$\left[ \frac{\partial G(x, \xi)}{\partial x} \right]_{x=\xi-0}^{x=\xi+0} = -\frac{1}{p(\xi)}.$$

Функция Грина удовлетворяет условию симметрии:  $G(x, \xi) = G(\xi, x)$ , и всякое решение ур-я (10) удовлетворяет однородному И. у. (2-го рода):

$$u(x) = \lambda \int_a^b G(x, \xi) u(\xi) d\xi.$$

На основании изложенной теории, это И. у. имеет отличные от нуля решения лишь тогда, когда  $\lambda$  равно одному из собственных значений  $\lambda_i$ ; соответственные решения  $u(x) = \varphi_i(x)$  будут собственными ф-иями; они образуют ортогональную систему. Решение неоднородного дифференциального уравнения

$$(pu')' - qu + \lambda u = \psi(x)$$

сводится к интегральному уравнению неоднородному:

$$u(x) = \lambda \int_a^b G(x, \xi) u(\xi) d\xi + g(x),$$

где  $g(x) = - \int_a^b G(x, \xi) \psi(\xi) d\xi$ . Теория И. у. легко обобщается на случай, когда искомая

функция зависит от нескольких аргументов, например на уравнения Фредгольма:

$$\varphi(x, y) = \int_a^b \int_a^b K(x, y, \xi, \eta) \varphi(\xi, \eta) d\xi d\eta + f(x, y).$$

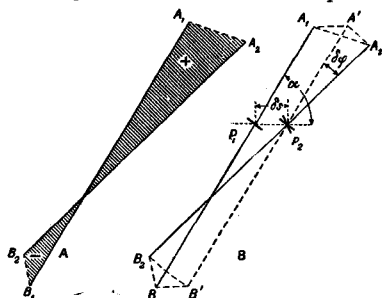
Эти ур-я могут служить для решения проблемы Дирихле и Неймана (см. *Потенциал*) или напр. задачи о плотности электричества на проводнике данной формы (задача Робена) и т. д.

Лит.: В е л о в с к и й П. Д., Интегральные уравнения и их роль в математической физике, Вятка, 1928; С о ш т а т т Е. и Н и й б е р г Д., Methoden d. mathemat. Physik, V. 1, B., 1924; К н е с е р А., Integralgleichungen u. ihre Anwendung auf die mathemat. Physik, 2 Aufl., Braunsch., 1922; Г о у р с а т Е., Cours d'analyse, 3 ed., t. 3, P., 1922. В. Степанов.

**ИНТЕГРАТОРЫ**, см. *Интегрирующие приборы*.

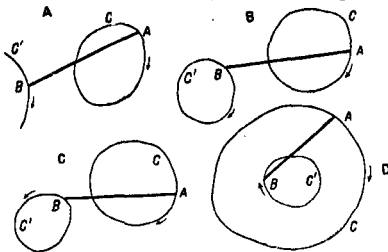
**ИНТЕГРИРУЮЩИЕ ПРИБОРЫ**, приборы, осуществляющие чисто механич. путем интегрирование нек-рой заданной обычно графически ф-ии. Двум задачам интегрального исчисления — нахождению определенного интеграла и нахождению интегральной кривой — соответствуют две группы интегрирующих приборов. К первой группе относятся: 1) планиметры, т. е. приборы, служащие для нахождения площади, ограниченной заданным контуром; 2) интеграторы, дающие значения определенных интегралов  $\int_a^b f(x) dx, \int_a^b f^2(x) dx, \int_a^b f^3(x) dx$  для ф-ии  $f(x)$ , заданной графически, и 3) гармонические анализаторы (см. *Гармонический анализ*). Ко второй группе относятся и н т е г р а ф ы, т. е. приборы, вычерчивающие по заданному ур-ю  $f(x, y, \frac{dy}{dx}, \dots, \frac{d^ny}{dx^n}) = 0$  интегральную кривую  $y = \varphi(x)$  и, в простейшем случае, по уравнению  $\frac{dy}{dx} = F(x)$  — кривую  $y = \int F(x) dx$ .

В основе конструкции большинства наиболее употребительных планиметров и интеграторов лежат следующие соображения. Пусть отрезок прямой  $BA$  скользит по плоскости; при своем движении он зачерчивает



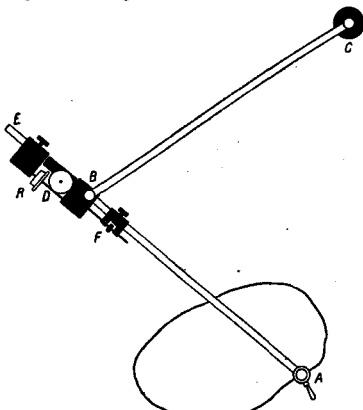
некоторую площадь; условимся считать ее положительной, если для наблюдателя, смотрящего по направлению стрелки, она остается влево, и отрицательной, если она остается вправо от движущегося отрезка. Тогда вся площадь, зачерченная отрезком при

перемещении его из положения  $A_1B_1$  в  $A_2B_2$ , выразится в виде суммы положительных и отрицательных площадей (фиг. 1, А). Как известно, элементарное перемещение в плоскости м. б. разложено на поступательное перемещение, определяемое перемещением произвольно выбранной точки  $P$ , и на вращение вокруг этой точки. Вообразим на нашем отрезке (фиг. 1, В) в точке  $P_1$  колесико, имеющее своей осью отрезок  $BA$  и при его



Фиг. 2.

движении катящегося по плоскости. Из двух указанных выше элементарных движений только поступательное движение вызовет вращение колесика на угол  $\delta\omega = \frac{\delta s \sin \alpha}{r}$ , где  $\delta s$ —перемещение точки  $P_1$ ,  $\alpha$ —угол между этим перемещением и направлением отрезка и  $r$ —радиус колесика. Элементарная же площадь, зачерченная при этом перемещении, будет равна  $l\delta s \sin \alpha + \frac{1}{2} \left( \frac{ml}{m+n} \right)^2 \delta\varphi - \frac{1}{2} \left( \frac{nl}{m+n} \right)^2 \delta\varphi$ ; здесь  $l$ —длина отрезка,  $\frac{m}{n} = \frac{P_1A_1}{B_1P_1}$  и  $\delta\varphi$ —элементарный угол поворота отрезка. Последнее выражение можно представить в виде  $lr \delta\omega + l\xi \delta\varphi$ , где  $\xi = \frac{1}{2} l \frac{m-n}{m+n}$ —расстояние  $P_1$  от середины отрезка. Обведем концом  $A_1$



Фиг. 3.

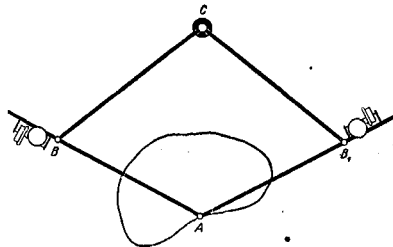
отрезка контур, ограничивающий площадь, подлежащую определению, т. о., чтобы после этого отрезка  $V_1A_1$  вернулся в свое исходное

положение. Зачерченная площадь будет тогда равна  $\sum lr \delta\omega + \sum l\xi \delta\varphi = lr\omega + l\xi\varphi$ , где  $\omega$ —угол поворота колесика вокруг его оси, а  $\varphi$ —угол поворота отрезка. Так как отрезок возвращается в свое исходное положение, то угол  $\varphi=0$  (фиг. 2, А, В, С) или  $\varphi=2\pi$  (фиг. 2, D). Обозначая через  $(C)$  и  $(C')$  площади, ограниченные контурами  $C$  и  $C'$ , получим для четырех случаев, изображенных на фиг. 2, соответственно:

$$(C) = lr\omega; (C) - (C') = lr\omega;$$

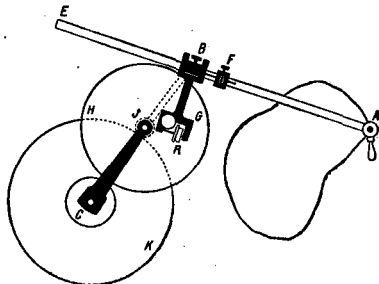
$$(C) + (C') = lr\omega; (C) - (C') = lr\omega + 2\pi l\xi.$$

Полярный планиметр Амслера (фиг. 3) есть непосредственное применение изложенной теории. В нем точка  $B$  ведется



Фиг. 4.

по окружности круга с центром в  $C$ , и, в зависимости от размеров обмериваемой площади и расположения прибора, мы имеем или случай «А» или случай «D» (фиг. 2). Целое число оборотов колесика  $R$  отсчитывается на циферблате  $D$ , доли же оборота—на барабане, укрепленном на колесике. Длина  $l=BA$  может изменяться передвижением стержня  $AE$ . Для малых передвижений служит микрометрический винт  $F$ . На планиметре, представленном на фиг. 3, ось колесика не совпадает с линией  $AB$ , но нетрудно видеть, что при параллельности линии  $AB$  отсчет по колесику от этого не изменится, если за точку  $P$  считать пересечение  $AB$  с плоскостью колесика. При непараллельности появляется систематическая

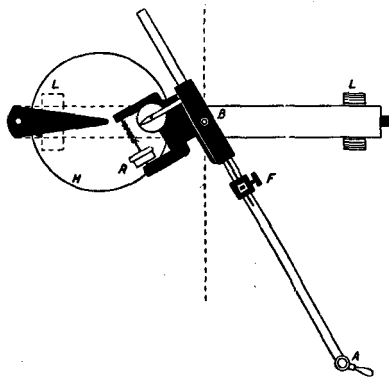


Фиг. 5.

ошибка прибора, для исключения которой рекомендуется обвести контур дважды при двух различных положениях прибора (фиг. 4) и брать полусумму отсчетов. Описанная конструкция представляет два неудобства:

1) катание колесика непосредственно по чертежу не обеспечивает правильности его показаний и 2) незначительность числа оборотов колесика увеличивает относительную ошибку отсчета. Оба эти недостатка устраняются в дисковом планиметре (фиг. 5), где колесико  $R$ , укрепленное на вилке  $G$ , катится по диску  $H$ ; последний сцепляется шестерней  $J$  с неподвижной шайбой  $K$ . Вращение  $AE$  вокруг  $B$  не вызывает вращения колесика, так как плоскость обода проходит через ось  $B$ , вращение же  $BC$  вокруг  $C$ , дающее  $AE$  поступательное движение, сообщает вращение диску, вызывает вращение колесика  $R$ . Это вращение колесика находится в постоянном отношении к тому вращению, которое имело бы колесико, катясь по неподвижной плоскости.

Типом, переходным к приборам, которые мы называем интеграторами, являются п л а н и м е т р ы К о р а д и, где круговое движение точки  $B$  заменено прямолинейным

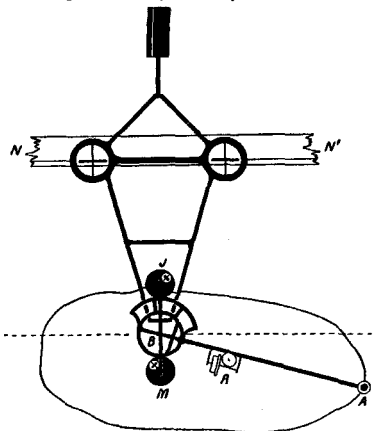


Фиг. 6.

при помощи цилиндрич. роликов  $L$  (фиг. 6). Колесико  $R$  катится по диску  $H$ , угол поворота которого пропорционален поступательному перемещению прибора, а следовательно и стержню  $AB$ . Поворот  $AB$  вокруг точки  $B$  не сообщает вращения колесику; в равной мере оно не получает вращения, когда  $AB$  имеет направление поступательного движения прибора. Интегратор Амслера (фиг. 7) есть тот же планиметр, но с прямолинейным движением точки  $B$ . Интерес представляют добавочные устройства, позволяющие находить интегралы вида  $\int_a^b y^2 dx$

и  $\int_a^b y^3 dx$ , к которым приводится вычисление статических моментов и моментов инерции плоских фигур. Ведущая линейка  $NN'$  обеспечивает прямолинейное движение точки  $B$ . Отсчет по колесику  $R$  дает площадь обмериваемой фигуры. Со стержнем  $AB$  неизменно связано двойное зубчатое колесо с радиусами  $3r$  и  $2r$ , сцепляющееся с двумя зубчатыми колесами  $M$  и  $J$  радиусов  $r$ , на которых имеются колесики, подобные коле-

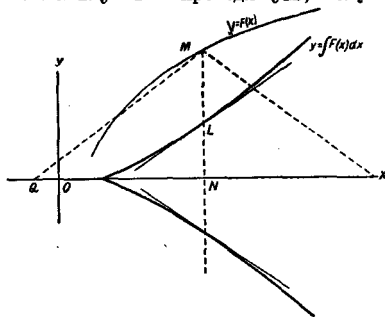
сику  $R$ . Можно показать, что отсчет по этим колесикам дает статический момент и момент инерции. Фирма Корадди изготавливает



Фиг. 7.

также интеграторы Hele-Shaw, построенные по принципу, близкому к принципу, лежащему в основе анализатора Генричи (см. *Гармонический анализ*).

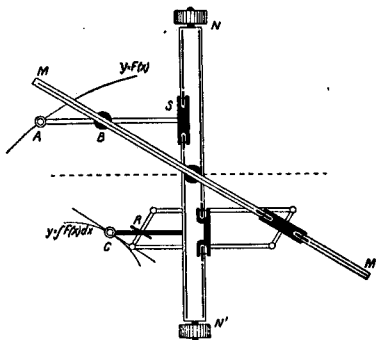
Интеграл Абданк-Абакановича есть наиболее известный прибор этого типа. Его устройство основано на свойстве колесика с острым краем при катании по плоскости двигаться так, что бесконечно малое перемещение его центра лежит в плоскости колесика. Пусть  $Y = F(x)$  — заданная кривая, а  $y = \int F(x) dx = \Phi(x)$  — соответствующая интегральная кривая. Тогда очевидно угловой коэффициент  $\frac{dy}{dx}$  интегральной кривой равен соответствующей ординате кривой  $Y = F(x)$ . Отсюда видно (фиг. 8), что, отложив  $NQ = 1$  и проведя  $QM$ , получим



Фиг. 8.

направление касательной к интегральной кривой в точке  $L$ . Перегнув чертеж около оси абсцисс, получим другое расположение интегральной кривой, соответствующее тому, которое на самом деле дает интеграл.

Устройство прибора видно из чертежа (фиг. 9). Точка  $A$ , имея два движения—по оси абсцисс вместе с линейкой  $NN'$  и по оси ординат вместе с тележкой  $S$ ,—следит своим концом за кривой  $Y=F(x)$ . Линейка  $MM'$ , проходящая через середину  $NN'$  и через точку  $B$ , лежащую от  $NN'$  в расстоянии, равном единице, очевидно всегда будет сохранять направление, параллельное касательной к перевернутой интегральной кривой. При помощи шарнирного параллелограмма, могущего тоже свободно перемещаться в направлении оси ординат, плоскость колесика  $R$  всегда удерживается



Фиг. 9.

параллельно линейке  $MM'$ , т. е. параллельно той же касательной. Теперь ясно, что при обходе заданной кривой точкою  $A$  колесико  $R$  будет прочерчивать интегральную кривую (перевернутую); ту же кривую, но смещенную влево, вычертит карандаш, укрепленный в  $C$ .

Дальнейшим развитием этого прибора являются интеграфы для дифференциальных ур-ий. Е. Паскаль построил ряд приборов, среди к-рых имеются интеграфы для ур-ий:

$$a \frac{dy}{dx} + y = Q(x)$$

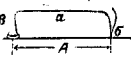
и

$$ab \frac{dy}{dx} + y^2 = bQ(x).$$

Акад. А. Н. Крыловым построена машина для интегрирования линейных уравнений любого порядка; но кроме таких уравнений надлежательной комбинацией составляющих ее элементов можно при ее помощи интегрировать чрезвычайно широкий класс дифференциальных ур-ий и систем дифференциальных ур-ий.

Лит.: Крылов А. Н., Ленци о приближенных вычислениях, СПб, 1914; Ягоян А., О секторном планиметре, «Известия Русского астрономического общества», 1924, вып. 23, 6—9, стр. 17—19; Фрэнк М. Л., Одна из возможных конструкций полярного интегратора, «Записки Матем. кабин. Таврич. ун-та», Симферополь, 1919; его же, Об одной конструкции полярного интегратора, «Труды Всерос. съезда математиков в Москве 27 апреля—4 мая 1927», Москва, 1928, стр. 189—190; Норгбурх Е. М., Modern Instruments and Methods of Calculation. A Handbook of the Napier Tercentenary Exhibition, Edinburgh, 1914; Galle A., Neue Integratoren, «Zeitschrift für angew. Mathem. und Mechanik», Berlin, 1922, В. 2, p. 458—466; Morin H., Les appareils d'intégration, Paris, 1918; Pascal E., I miei integratori, Napoli, 1914. К. Меликов.

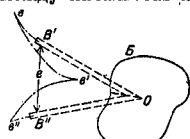
Интересной системой планиметра является планиметр Притца, замечательный своей чрезвычайно простой конструкцией. Он состоит из изогнутого стального прутка  $a$  (фиг. 10), снабженного на одном конце острием  $b$ , а с другого—закругленным лезвием  $\epsilon$ , плоскость ребра которого проходит через острие  $b$ .



Фиг. 10.

Расстояние  $b\epsilon = A$  является постоянной прибора. Для определения площади какой-либо фигуры  $B$  помещают острие планиметра в центре тяжести фигуры  $O$  (фиг. 11), затем отмечают положение  $B'$  лезвия  $\epsilon$  (затопорика) на бумаге и обводят контур, как обычно, возвращаясь опять в исходную точку  $O$ . В это время топорик вычертит на бумаге сложную кривую  $B'\epsilon\epsilon'B''$ .

Измеряя расстояние  $e$  между начальным и конечным положениями топорика и помножая его на постоянную прибора  $A$ , получаем площадь фигуры:  $F = A \cdot e$ . Если ц. т. фигуры неизвестен, то берем точку  $O$  приблизительно и после одного обвода перекладываем планиметр на  $180^\circ$ , а затем обводим фигуру в обратном направлении, принимая ту же точку  $O$  за исходную; полусумма обоих измерений даст истинную величину площади.



Фиг. 11.

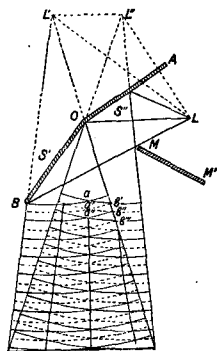
**ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ**, интерполяция, см. *Вычисления приближенные*.

**ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ**, нарушение правила сложения интенсивностей (принципа суперпозиции) при встрече двух волн, разность хода к-рых во времени постоянна (см. *Волны*). В результате И. интенсивность в одних местах ослабляется, а в соседних соответственно возрастает. См. *Интерференция света*.

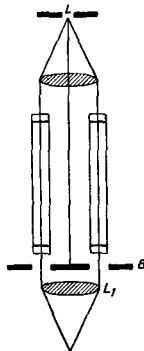
**ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА**, нарушение принципа сложения интенсивностей световых пучков. Два световых пучка, исходящие из двух равных светящихся точек, при встрече дают интенсивность, равную сумме интенсивностей каждого луча в отдельности. И, наоборот, лучи, идущие от одной и той же светящейся точки, при встрече (достигаемой поворотом лучей зеркалами, призмами и т. д.) могут в данном месте совершенно погасить друг друга, а в другой точке—дать интенсивность, вдвое превосходящую сумму интенсивностей обоих лучей вместе (если эти интенсивности равны), а в промежуточных местах—создать средние интенсивности. Лучи, могущие интерферировать при встрече, и таким образом нарушать принцип суперпозиции, называют когерентными.

Волновая теория света дает исчерпывающее объяснение И. с., смысл которого ясен из фиг. 1, поясняющей знаменитый интерференционный опыт Френеля с зеркалами. Два когерентных пучка в этом опыте получаются отражением света, идущего от точки  $I$ , от двух зеркал  $S'$  и  $S''$ , образующих угол, мало отличающийся от  $180^\circ$ . Т. о. создаются две фидитивные когерентные светящиеся точки  $L'$  и  $L''$ . Экран  $MM'$  служит для задержки прямого света. Поскольку

свет от обеих точек  $L'$  и  $L''$  в сущности исходит из одной и той же точки  $L$ , поскольку разность фаз волн, распространяющихся от  $L'$  и  $L''$ , будет постоянна во времени. Если в каком-нибудь месте поля И. с. две волны от  $L'$  и  $L''$  встречаются в данный момент с противоположными фазами (как например в точках  $b'$ ,  $b''$ ,  $b'''$  и т. д.), т. е. углубление одной волны совпадает с гребнем другой, то действие волн нейтрализуется, они гасят одна другую. Так как разность фаз в данной точке не зависит от времени, то здесь будет постоянная темнота. В других точках (например  $a$ ,  $a'$ ,  $a''$  и т. д.) волны сходятся с одинаковой фазой, амплитуды, складываясь, удваиваются, а интенсивность (пропорциональная квадрату суммарной амплитуды) учетверяется. Если перпендикулярно к распространению обоих пучков поставить белый экран, то



Фиг. 1.



Фиг. 2.

на экране появятся чередующиеся темные и светлые полосы. Темные полосы возникают там, где встречаются волны с противоположными фазами и где разность хода равняется нечетному числу полуволн. Светлые полосы соответствуют одинаковой фазе обеих волн, т. е. разности хода, равной целому числу волн.

Способы получения когерентных лучей м. б. разделены на 2 главные группы: 1) два пучка идут от одной светящейся точки по двум различным направлениям; такими когерентными лучами пользуются например в различных химико-технических интерферометрах, построенных по схеме интерферометра Релея (фиг. 2); свет от точки  $L$  проходит здесь через два отверстия в экране  $B$  и затем соединяется линзой  $L_1$ , интерферируя в месте соединения; 2) два пучка подучаются разделением одного на отраженный и преломленный — такой способ применен в известном интерферометре Майкельсона и в других многочисленных приборах. Два луча, возникшие из одного, не будут однако интерферировать, если плоскости их поляризации взаимно перпендикулярны.

Явление И. с. наблюдается во всей области электромагнитного спектра, от радиотелеграфных волн до  $\gamma$ -лучей радия включительно. Следует отметить однако, что с ра-

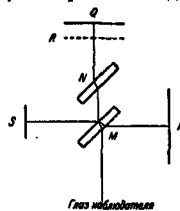
диоволнами можно получить И. с. с лучами, исходящими от двух разных антенн (если разность фаз колебаний этих антенн поддерживается постоянной во времени), что и применяется в направленной радиотелеграфии. Излучение атомов и молекул происходит случайными импульсами, чередованием  $k$ -рых, фазами и поляризации мы не умеем управлять; поэтому лучи, исходящие от двух разных атомов, не когерентны. И. с. — точнее когерентность лучей, испускаемых одной светящейся точкой, — является главным аргументом волновой теории света, так как никакая иная теория не в состоянии объяснить когерентность.

Разность фаз встречающихся волн, определяющая степень интенсивности данной точки поля И. с., зависит от разности хода встречающихся волн. Последняя определяется тремя факторами: 1) длиной волн, 2) длиной путей, проходимых волнами, и 3) показателем преломления среды. Если интерферирующий свет сложный, то разные цвета или волны дают разный результат: одни в данной точке усиливают друг друга, другие, наоборот, взаимно ослабляются. В итоге свет разлагается в спектр. На этом основано устройство интерференционных спектроскопов и измерение длин световых волн по И. с. Зависимость разности хода от показателя преломления среды дает наиболее чувствительный метод рефрактометрии. С наиболее совершенными рефрактометрами возможно измерение пятого десятичного знака в показателе преломления, а с помощью И. с. можно определить восьмой знак. Геометрическое изменение разности хода на половину волны дает резкое изменение в картине И. с.: темная полоса превращается в светлую, т. е. темная полоса как бы перемещается на соседнее место. Это обстоятельство служит основой разнообразнейших применений И. с. для измерения длин. Явление т. н. стоячих волн (см. Волны) является частным случаем И., когда интерферируют когерентные пучки, идущие навстречу друг другу. Световые стоячие волны находят применение в липмановской цветной фотографии (см. Фотография цветная).

Лит.: Хальсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Майкельсон А., Световые волны и их применение, Одесса, 1912; е го же, Исследования по оптике, М.—И., 1929; Müller-Pouillet, Lehrbuch d. Physik und Meteorologie, B. 2, Brschw., 1926; Fabry Ch., Les applications des interférences lumineuses, P., 1923; Bouasse H. et Carrigère Z., Interférences, P., 1923.

**ИНТЕРФЕРОМЕТР**, прибор, в к-ром явление интерференции применяется для тех или иных количественных измерений. В частности И. необходим в тех случаях, когда нужно произвести линейное измерение с высокой степенью точности. Достижимая им точность при соблюдении необходимых предосторожностей и при хорошем постоянстве температурных условий равна одной сотой или даже нескольким тысячным долям  $\mu$ . Название И. введено впервые америк. физиком Майкельсоном для сконструированного им прибора, посредством к-рого он надеялся обнаружить смещение мирового эфира, вызываемое движением земного шара, и к-рый он впоследствии с нек-рыми видоизменениями

применил для измерения прототипа международного метра в длинах световых волн. И. системы Майкельсона является классич. прибором, легшим в основу многих позднейших измерительных инструментов. Схема его изображена на фиг. Свет монохроматич. источника  $S$  падает под углом  $45^\circ$  на плоское полусеребрянное зеркало  $M$ , от к-рого частично отражается в направлении  $MQ$ , частично же проходит сквозь него в направлении  $MP$ ;  $P$  и  $Q$ —сплошные зеркала, которые отражают падающий на них свет в глаз наблюдателя. Наблюдатель воспринимает свет исходящий от зеркала  $Q$  и от плоскости  $R$ , являющейся мнимым изображением зеркала  $P$  в зеркале  $M$ . Плоскость  $R$  Майкельсон назвал «опорной плоскостью» (plan de référence). Очевидно, что между световым пучком, отраженным зеркалом  $P$  (а следовательно и плоскостью  $R$ ), и пучком, отраженным зеркалом  $Q$ , будет существовать некоторая разность хода, в результате чего в поле зрения будут наблюдаться светлые и темные интерференционные полосы. Зеркало  $Q$  снабжено установочными винтами, благодаря чему м. б. ориентировано в любом положении относительно плоскости  $R$ . Кроме того оно может перемещаться поступательно в направлении  $MQ$ . Если применяется точечный (или в виде узкой щели) источник света и зеркало  $Q$  наклонено относительно плоскости  $R$  под углом в несколько секунд, то наблюдаемые интерференционные полосы являются т. н. «линиями одинаковой толщины», локализованными в плоскости  $R$ , если же источник света имеет конечные размеры и зеркало  $Q$  параллельно плоскости  $R$ , то полосы локализованы в бесконечности и являются «кольцами одинакового наклона». Изображенная на фигуре пластинка  $N$ , параллельная зеркалу  $M$ , является компенсатором для уничтожения добавочной разности хода между обоими интерферирующими пучками. Эта добавочная разность хода получается вследствие того, что пучок, отраженный от зеркала  $P$ , проходит сквозь толщину зеркала  $M$  два раза, в то время как пучок, отраженный зеркалом  $Q$ , проходит эту толщину только один раз. Чтобы эту разность хода можно было совершенно свести к нулю, обе зеркальные пластинки  $M$  и  $N$  делают из одного и того же куска стекла, и таким образом достигается их полная тождественность.



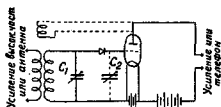
Область применения И. весьма разнообразна, однако она м. б. разбита на три основные группы, а именно: 1) измерение длин волн, 2) измерение длин вообще и 3) исследование качества приборов и их деталей. К первой группе относятся измерения длин волн как сравнением с длиной прототипа метра, так и относительные сличения отдельных волн между собой. Сюда же относятся и измерения, связанные с изменением длины волны при переходе из одной преломляющей среды в другую (р е ф р а к т о м е т р и я),

а также изучение структуры спектральных линий. Вторая группа охватывает всякие измерения длин и их отношения, как то: измерение длин концовых и штриховых мер, измерение коэф. расширения, погрешности винтов, упругих деформаций, углов и пр. Наконец к третьей группе можно отнести исследование плоскостности и плоскопараллельности различных изделий, а также исследование оптич. свойств оптич. систем. Все вышеприведенные измерения производятся либо при помощи основной модели Майкельсона и ее вариантов либо при помощи других конструкций И., основанных на принципе интерференции света. Вообще в качестве И. может служить любая оптич. комбинация, позволяющая осуществить разность хода двух световых пучков. Часто И. в зависимости от его назначения дают специальные названия, напр.: интерференциальный интерференциспектроскоп, интерференцкомпаратор, дилатометр и пр. В технич. практике находят гл. обр. применение: газ о в ы й И. для обнаружения рудничного газа, основанный на том принципе, что при изменении показателя преломления воздуха происходит смещение интерференционных полос, по величине которого можно судить о процентном содержании газа в атмосфере, и интерференционный компаратор для измерения длины плоских калибров в длинах световых волн.

И., в к-ром интерференционная картина фотографируется при помощи специальной камеры, называют интерферографом (Саньжя).

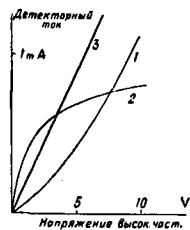
Лит.: Х в о з ь с о н О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Guillaume Ch. Ed., La création du Bureau international des poids et mesures et son oeuvre, P., 1927; Péraud A., Etudes des raies spectrales en vue de leurs applications métrologiques, «Revue d'optique théorique et instrumentale», P., 1928, t. 7, J. Weingerter F., Optische Methoden der Chemie, Lpz., 1927; Berl E. u. Ranis L. Die Anwendung d. Interferometrie in Wissenschaft u. Technik, «Fortschritte d. Chemie, Physik u. physik. Chemie», B., 1928, B. 19, H. 17. Г. Варлик.

**ИНТЕРФЛЕКСНЫЙ РАДИОПРИЕМ**, метод приема радиосигналов, в котором детектирование совершается путем включения в цепь сетки лампы (работающей на прямолинейном участке характеристики) последовательно с пространством сетки—нить кристаллич. детектора (фиг. 1). Для улучшения эффекта приема, особенно на длинных волнах, параллельно пространству сетки—нить включают конденсатор  $C_2$ . Кристаллич. детектор в этой схеме относительно лампы действует как своего рода *гридлих* (см.); в то же время очевидно он действует и как детектор, отдавая напряжение на сопротивление и емкость пространства сетки—нить лампы. Для получения хороших результатов от схемы детектор должен иметь высокое сопротивление; этому условию удовлетворяют кристаллы перикон, гален и им аналогичные. Впервые для целей радиоприема (радиовещательного) эта схема предложена была в 1925 г. в Америке Г. Гернсбаком



Фиг. 1.

и названа им интерфлексной схемой. что буквально значит схема с «внутренним действием». Физическую сторону явлений, имеющих место в этой схеме, еще в 1924 г. исследовал француз Р. Дюбуа для случая с галеновым детектором. Дюбуа эту схему назвал «детектором гален-лампа».



Фиг. 2.

Результат его измерений показан на фиг. 2, где кривая 1 относится к случаю анодного детектирования, кривая 2 — сеточного детектирования (гридлик) и кривая 3 — детектирования методом гален-лампа. Из сравнения схем видно, что интерфлексная схема по чувствительности все же уступает детектированию методом гридлика, но превосходит анодное детектирование, сохраняя все положительные стороны последнего в отношении детектирования сильных сигналов.

Лит.: Schöpfung O. u. Nesper E., Die Bauanweisung für ein Vierröhren-Interflexempfänger, «Der Radio-Amateur», Berlin, 1926, H. 25, p. 503; Dubois R., Etude expérimentale de quelques procédés de détection des oscillations de haute fréquence, L'onde électrique, P., 1924, 31, p. 347.

**ИНУЛИН**, углевод из группы полисахаридов  $C_6H_{10}O_5$ , служащий резервным веществом у некоторых растений, главн. обр. из семейства сложноцветных; он скопляется в корнях цикория (15—18% И.), одуванчика (17,7%), девясила, в клубнях топинамбура (13%), георгин (11%). И. представляет белый порошок, легко растворимый в теплой воде (в холодной растворим трудно). Растворы И. коллоидальны, вращают поляризованный луч влево:  $[\alpha]_D$  равно от -33 до -40°; обладают сладким вкусом, не окрашиваются иодом и не восстанавливают фелингову жидкость. При гидролизе И. дает *фруктозу* (см.). Гидролиз И. происходит под действием фермента и н у л а з ы, содержащегося в земляной груше (топинамбура) и в некоторых плесневых грибах. При таком гидролизе образуются промежуточные продукты — и н у л и д ы — вещества, аналогичные декстринам, но вращающие влево; такие инулиды (левулин, синантрин) часто сопровождают И. в растениях. Гидролиз И. действием кислот идет очень легко, значительно легче, чем гидролиз крахмала. Изучение продуктов ацетилирования инулина приводит к заключению, что элементарной молекулой И. является ангидротрифруктоза, т. е.  $(C_6H_8O_5)_n$ . Получают И. чаще всего из земляной груши, но можно брать и корни цикория. Из этих материалов И. извлекают горячей водой и полученный фильтрат вымораживают; выделившийся И. перекристаллизуют из теплой воды ( $t^\circ$  не выше  $70^\circ$ ). И. применяется для получения фруктозы и в медицине как цитративный препарат для диабетиков.

●. Цитративное.  
**ИНФРАДИННЫЙ ПРИЕМ**, метод приема сигналов по радио путем трансформации принимаемой частоты сигналов в частоту более высокую. Принцип И. п. совершенно аналогичен принципу *супергетеродина*

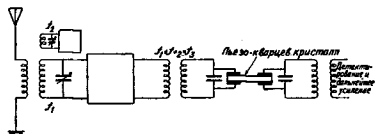
приема (см.), с той разницей, что при супергетеродина приеме принимаемая частота трансформируется в более низкую частоту (в пределах радиочастоты). Т. о. в то время как в супергетеродине находит использование разность частот *биений* (см.) от местного гетеродина и сигналов, в И. п. используется суммарная частота (см. *Гетеродинарный прием*). Способ И. п. впервые был предложен в 1926 г. в Америке Е. М. Серджентом.

Основные преимущества И. п. 1) Высокая *избирательность* (см.) при простых методах ее получения. 2) Отсутствие двух настроек на принимаемую станцию, как это имеет место при супергетеродинальном способе приема. 3) Возможность использования для приема длинных и средних волн чувствительных методов приема коротких волн (напр. супергенератора), хотя практически здесь имеют место ограничения. 4) При больших диапазонах приема требуется большой диапазон частот гетеродина, обуславливающий суммарную частоту биений, очень мал. Для  $n$ -кратного диапазона принимаемых волн требуется  $k$ -кратный диапазон гетеродина, определяемый из ур-

$$k = \frac{1 - \frac{f_1}{f_2}}{1 - n \frac{f_1}{f_2}}$$

где  $f_1$  — наивысшая принимаемая частота, а  $f_2$  — трансформированная частота (например при  $f_1 = 30$  кц/ск.,  $f_2 = 10^3$  кц/ск. и  $n = 10$ ,  $k = 1,38$ ). 5) Возможность осуществления схемы приема на фильтр с пьезокварцевым кристаллом, настроенным на фиксированную частоту выше принимаемой.

Один из вариантов такой схемы (см. фиг.) был предложен проф. Мандельштамом и



Палалекси и используется в приемных устройствах, изготовляемых Трестом заводов слабого тока. При декременте кварцевого кристалла  $\delta = 0,0003$  (предельное возбуждение) полоса частот, пропускаемых таким фильтром, равна 27 пер/ск., предельная скорость приема на этот фильтр — 60 слов в минуту. Таким обр. подобный кварцевый фильтр при И. п. обеспечивает избирательность, даваемую при других способах приема лишь тональными фильтрами. Один из основных недостатков подобного фильтра — невозможность изменять полосу пропускаемых частот для различных скоростей приема (см. *Быстродействующие радиопередатчи и радиоприем.*)

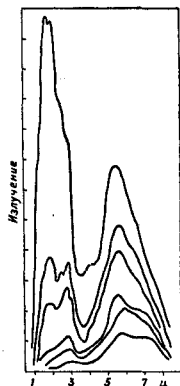
Лит.: Green H., The Infradyne, «Radio-News», N. Y., 1926, v. 8, 4, p. 356.

**ИНФРАКРАСНЫЕ ЛУЧИ**, называемые также ультракрасными, или тепловыми, составляют часть спектра световой радиации, простирающуюся от красного конца видимого спектра в область длинных волн. Экспериментальному исследованию доступны по крайней мере 10 октав.



естественных И. л.—от 750  $\mu$  до 300  $\mu$ . И. л. с наиболее длинными волнами удается воспроизвести искусственно при помощи электромагнитных вибраторов (Никольса и Тира, Глаголевой-Аркадовой).

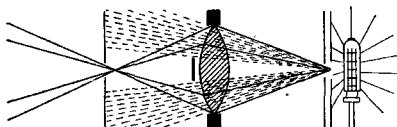
Источники И. л. Радиация всякого нагретого тела сосредоточена гл. обр. в инфракрасной части спектра;



Фиг. 1.

позтому мощными источниками И. л. служат обычные  $1^{\circ}$ -ные излучатели (см. *Излучение*), напр. черное тело, лампы накаливания, вольтова дуга. Очень часто при исследовании И. л. пользуются ауровской горелкой и штифтом Нёрнста, которые дают интенсивное селективное излучение в некоторых частях инфракрасного спектра (ауровский колпачок—в области  $\lambda = 18 \mu$  и около 110  $\mu$ ). На фиг. 1 даны кривые излучения штифта Нёрнста при разных мощностях, от 2 до 123 W, по измерениям Кобленца.

Для изоляции узких спектральных участков И. л. применяются следующие методы. 1) Разложение в спектр призмами и дифракционными решетками. 2) Метод остаточных лучей, в основе к-рого лежит факт избирательного отражения для лучей, очень сильно поглощающихся в данном веществе (псевдометаллич. отражение). Если сложный пучок И. л. отражается напр. от кристалла KJ, то преимущественно отражаются лучи с  $\lambda = 96,5 \mu$ . Повторяя такое отражение несколько раз, можно получить весьма однородные остаточные лучи. 3) Хроматич. aberrация в линзах весьма удобна в некоторых случаях. Напр. кварц в области  $\lambda = 110 \mu$  пропускает И. л. и обладает большим показателем преломления, около 2,2. С другой стороны, И. л. с короткой  $\lambda$  преломляются весьма слабо. Поэтому, расположив диафрагму и линзу как изображено на фиг. 2, можно выделить монохроматические лучи с  $\lambda = 110 \mu$ . 4) Светофильтры. Исследование



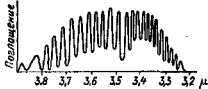
Фиг. 2.

спектров И. л. обнаружило большое количество различных твердых и жидких веществ, пригодных для выделения отдельных областей И. л. Тонкий слой асфальтового лака не пропускает напр. видимого света, но прозрачен для широкой области И. л. Огромный материал в этом направлении имеется в работах Кобленца. 5) Излучение газами в разрядных трубках тонких

спектральных линий (например He дает линии 1 083,032  $\mu$ , 2 058,131  $\mu$  и др., Hg—линии 1 014,658  $\mu$  и др.).

Методы исследования инфракрасных лучей. И. л. производят только ничтожные фотохимические и фотоэлектрические действия, притом лишь в области, ближайшей к видимому спектру (приблизительно не далее 1,5  $\mu$ ). Обрабатывая фотографические пластинки различными красками-сенситизаторами (в особенности дицианином и неодицианином), можно при длительных экспозициях фотографировать И. л. примерно до 1,1  $\mu$ . Пластинка, несколько вуалированная предварительным действием слабых актинических лучей, девуалируется под действием И. л. Применяя в качестве сенситизаторов краски иодозеленую, малахитово-зеленую и др., можно фотографировать по методу девуалирования до 1,13  $\mu$  (Теренин).

И. л. действуют антагонистически на флуоресценцию, вызываемую видимыми ультрафиолетовыми лучами, — флуоресценция быстро «высвечивается» и затем тухнет в тех местах, где падали И. л. Это обстоятельство также применяется иногда для обнаружения ближайших И. л. Универсальными индикаторами И. л. служат однако только тепловые приборы, болометры, термоэлементы, радиометры и радиомикрометр. Интенсивность И. л. обычно настолько велика в сравнении с другими спектральными областями, что при помощи указанных приборов удается исследовать даже тонкую структуру инфракрасных спектров. Для разложения И. л. в спектр пользуются призмами из кварца (для области  $\lambda$  от 1,0 до 4,0  $\mu$ ), флюорита (от 4,0 до 9,5  $\mu$ ), каменной соли (от 9,5 до 14,5  $\mu$ ), сильвина (от 14,5 до 23,0  $\mu$ ) и отражательными дифракционными решетками. Вместо линз в спектральных установках во избежание хроматической aberrации применяют вогнутые металлические зеркала.



Фиг. 3.

Спектры инфракрасных лучей. И. л. могут быть названы тепловыми, потому что в большинстве случаев они испускаются в результате тепловых вращательных и колебательных движений молекул. Если обратиться к наиболее простому с теоретич. точки зрения случаю поглощения или излучения газов, то инфракрасные спектры можно разделить на две области: далеких И. л. (примерно от 30 до 200  $\mu$ ) и ближних (от 1 до 30  $\mu$ ); первые соответствуют чистым вращательным движениям (ротационные спектры) и в простейшем случае двухатомных газов (например галоидоводородов) и могут быть представлены следующей формулой:

$$\nu = \frac{mh}{4\pi^2 I},$$

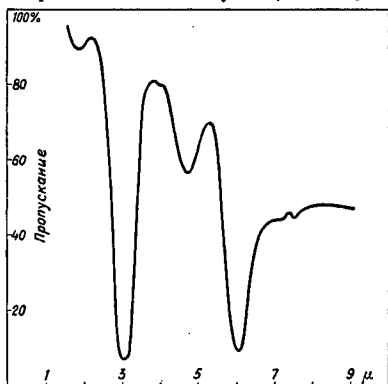
где  $\nu$ —частота спектральной линии,  $h$ —постоянная Планка,  $m$ —целое число, и  $I$ —момент инерции молекулы. Ближние И. л. соответствуют ротационно-вибрационному тепловому движению; их спектры в про-

стейшем случае выражаются формулой:

$$y = \frac{E_{n_1} - E_{n_2}}{h} + \frac{m_1^2 \hbar - m_2^2 \hbar}{8\pi I},$$

где  $E_{n_1}$  и  $E_{n_2}$  — квантовые энергии двух колебательных состояний, между к-рыми происходит переход при поглощении или испускании линии,  $m_1$  и  $m_2$  — целые числа, причем  $m_1 - m_2 = \pm 1$ . Вид такого спектра для поглощения HCl представлен на фиг. 3.

Знание инфракрасных спектров газов представляет большой интерес для определения моментов инерции молекул, а следовательно и их строения. Спектры поглощения в жидких и твердых телах более сложны и теоретически менее изучены; они служат



Фиг. 4.

однако важным эмпирическим средством для изучения строения молекул. На фиг. 4 представлена пропускательность (в %) слоя воды толщиной в 0,05 мм.

Лит.: Теренин А., О фотографировании в инфракрасной области спектра, «Труды Гос. оптического института», Л., 1928, т. 4, вып. 37; Le spectre infra-rouge, P., 1928; Rawlins F. J. and Taylor A. M., Infra-red Analysis of Molecular Structure, Cambridge, 1929; Coblentz W. W., Investigations of Infra-red Spectra, Wash., 1905—08; Coblentz W. W., Emerson W. B. a. Long M. B., Spectroradiometric Investigations of the Transmission of Various Substances, «Bureau of Standards, Bull.», Wash., 1923, 14, p. 653; Gibson K. S., Spectral Pitca, «Journal of the Optical Society of America», Ithaca, 1928, 17, p. 267. В. Вавилов.

**ИНФУЗОРНАЯ ЗЕМЛЯ**, неправильное название диатомовой земли — диатомита — одной из разновидностей трепела.

**ИОД**, J, ат. вес 126,92, открыт в 1811 году Куртуа и изучен Деври и Гей-Люссаком. И. принадлежит к *галлоидам* (см.), занимая место в 7-м ряду VII группы периодич. системы. По своему ат. в. И., согласно менделеевскому принципу классификации элементов, должен был стоять на месте теллура, отличающегося более высоким ат. в. (127,5). Однако порядковый номер И. (53) выше порядкового номера теллура (52), что подтверждается при сравнении рентгеновских спектров обоих элементов (см. *Атомная теория*). Аномалия положения И. объясняется тем, что теллур состоит из смеси нескольких *изотопов* (см.), среди к-рых имеется изотоп с ат. в. 126 (меньшим, чем ат. в. И.). Твердый И. образует кристаллы черно-серого цвета

с металлич. блеском, б. ч. в форме табличек или листочков ромбич. системы; И. может быть получен и в моноклинной форме, стабильной только при  $t^\circ$  ниже  $46,5^\circ$ . Чистый И. плавится при  $113,5^\circ$  и в расплавленном состоянии обнаруживает электропроводимость; кипит при  $184,3^\circ$ , но уже при комнатной  $t^\circ$  обладает значительной летучестью. Пары И. фиолетового цвета с резким запахом, напоминающим запах  $Cl_2$  и  $Brg_2$ . Плотность паров И. соответствует удвоенному ат. весу. При  $t^\circ$  выше  $600^\circ$  происходит диссоциация:  $J_2 \rightleftharpoons 2J$ , к-рая при  $1500^\circ$  практически доходит до конца. Энергия диссоциации  $J_2$  составляет 35,2 cal на 2-моль. И. растворяется в ряде жидкостей, давая окрашенные растворы: жидкостям, содержащим кислород, он придает желто-бурый цвет (вода, спирт, эфир, глицерин), а жидкостям, не содержащим кислорода, фиолетовый (бензин, хлороформ, сероуглерод). Растворимость И. в воде сильно повышается от наличия иона И., с к-рым он дает комплексный ион:  $J' + J_2 \rightleftharpoons J_3$ . Особенно характерно непрочное соединение И. с растворами крахмала, отличающееся интенсивно синим цветом, вызываемым уже ничтожными количествами И. (0,3—0,4 мг на 1 л воды); это окрашивание служит для открытия И. Твердые крахмальные зерна также удерживают И. на своей поверхности. И. энергично адсорбируется углем, чем пользуется при определении адсорбционной способности угля.

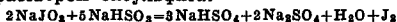
И. дает соединения с металлами, образуя иодистые соли, а также с металлоидами: хлоридом, хлором, бромом, фосфором и др. По химич. свойствам И. в значительной степени повторяет свойства хлора и брома, но проявляет меньшее средство к металлам и большее — к кислороду. Вследствие этого И. из своих солей легко вытесняется хлором и бромом, а из кислородов, напр. из хлоратов и броматов, наоборот, И. вытесняет хлор и бром. Средство к водороду настолько мало, что реакция присоединения водорода к И. имеет отрицательный термич. эффект, равный  $-0,9$  cal на 1 г-моль. Иодистый водород легко диссоциирует на И. и водород ( $J_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HJ$ ), чем пользуются в ряде реакций восстановления при помощи иодистого водорода. Восстановление иода сернистым газом сполна протекает только при сильных разбавлениях, в концентрированных же растворах реакция значительно не доходит до конца. Средство И. к водороду органических веществ очень невелико. Однако И. легко присоединяется к ненасыщен. соединениям, что служит характеристикой например ряда непредельных жирных к-т (иодное число). Несмотря на незначительное средство к водороду И. действует разрушающе на многие растительные и животные ткани. Соединения иода с металлами имеют характер обычных солей, обнаруживающих при растворении сильную электролитич. диссоциацию. При электролизе растворов солей иодистоводородной кислоты И. всегда выделяется на аноде. Соединения И. с кислородом являются ангидридами к-т: иодноватистой  $HJO$ , иодноватой  $HJO_2$ , иодной  $HJO_3$ . Соединения И. с металлоидами выявляют нек-рые свойства металличности И., к-рые соответствуют его

высокому ат. весу. Так например трехлористый И.  $JCl_3$ , азотнокислый И.  $J(NO_3)_3$ , унсунокислый И.  $J(CH_3COO)_3$  и т. п. соответствуют слабому основанию  $J(OH)_3$ .

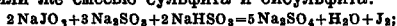
И. широко распространен в природе, однако в ничтожном количестве: в некоторых горных породах он содержится в количестве от 100 до 8 850 мг (микрограмм) на 1 кг; в минералах содержание иода доходит до 38 000 мг на 1 кг; в воздухе (у земной поверхности) — от 0,1 до 0,8 мг на 1 м<sup>3</sup>; в почве, в речной воде, в морях и океанах — десятки мг на 1 л. И. содержится в растительных и животных тканях и в питьевой воде. Некоторые растения, напр. морские водоросли, содержат довольно значительное количество И.: в морской капусте (*Laminaria japonica*) у Японских о-вов содержится до 2,5 г И. на 1 кг сухой водоросли, а в некоторых губках у греч. о-вов — до 14% от сухого веса. Много И. содержится и в яичном белке (600 мг на 1 кг) и в рыбьем жире (5—7 мг на 1 кг). В минералах И. встречается редко, в соединении с серебром, медью и ртутью (иодобромит, иодэмболит, иодаргирит, иодит, купроидаргирит, кохинит и др.).

Первыми источниками добывания И. были морские водоросли, из воды которых Куртуа и выделил впервые И. Но с открытием в Чили селитренных валелей и с обнаружением в них И. в виде иодатов главным сырьем для добывания И. сделались маточные растворы кристаллизации селитры. При мировой добыче в 1927 г. примерно в 1 100 000 кг И., 800 000 кг падает на И. из Чили, и только 300 000 кг — на И. из других источников; из них 150 000 кг И. — из водорослей и 150 000 кг И. — из минеральных источников на острове Яве.

Добывание И. в Чили ведется т. о., что маточные растворы, в которых накапливается И. (до 6—12 г на л.), сначала обрабатывают раствором бисульфита:



или же смесь сульфита и бисульфита:

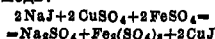


обработка маточных растворов производится в деревянных освинцованных чанах, снабженных мешалками. Выпадающий И. отделяют от среды и отжимают в виде блоков (иодные «сыры»), содержащих 70—75% И. Бисульфит готовится на месте сжиганием серы и поглощением  $SO_2$  содой, а сода — раскислением селитры углем по урину:

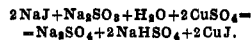


Полученный сырой И. подвергают возгонке из больших свинцовых реторт, куда его загружают до 1 т в каждую. Приемниками служат длинные керамические трубы большого диаметра, составленные из отдельных веньев, обмазанных в местах соединения глиной. Для получения чистого иода сырой продукт приходится сублимировать дважды, причем для второй сублимации часто употребляют керамические чашки, прикрытые такими же чашками и обмазанные в месте соприкосновения глиной. Чашки помещают на паровую плиту и возгонку ведут очень медленно. На острове Яве И. добывают из вод минеральных источников; из концентрированных их растворов смесью медного

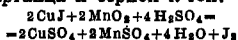
купороса и восстановителя осаждают полудиоксидную медь:



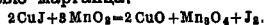
или



Эта полудиоксидная медь и поступает на рынок. Из нее И. получают перегонкой с перекисью марганца и серной к-той:

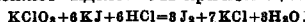


или же накаливанием полудиоксидной меди с перекисью марганца:



Во Франции, Норвегии, Шотландии, а в последнее время и в Японии для добывания И. используются морские водоросли.

И. богаты виды *Fucus (vesiculosus, nodosus, serratus, palmatus)*, а гл. обр. *Laminariae (digitata, stenophylla, flexicaulis, saccharina и др.)*, затем вид *Ulva (sinea, racinosa, umbilicabilis, lactuca и др.)*. В Черном море богата И. *Phlorophora rubra*. Зола морских водорослей в Шотландии называется *keelp*, а во Франции (Нормандия) — *vaqeh*. Обычно используются водорослями, выбрасываемыми во время волнения морем, но в Нормандии идет сбор водорослей и на скалах. Наиболее богаты И. водоросли, растущие на больших глубинах, причем содержание И. колеблется в зависимости от времени года: в летние месяцы, июль и август, водоросли богаты И. Добывание И. из водорослей ведется следующим образом: собранные водоросли высушивают на воздухе и сжигают в длинных ямах-печах, построенных т. о., что образование пламени предотвращено, а происходит лишь тление — это обеспечивает меньшие потери от улетучивания И. Получающаяся зола имеет вид серо-зеленой, спекшейся плотной массы, содержащей обугленные остатки. *Vaqeh* в среднем содержит 1,1—1,7%, а норвежская зола 0,4—1,2% иода. Спекшиеся куски золы грубо измельчают и подвергают в аппаратах Шанкса извлечению по принципу противотока, до исчерпания. Полученный раствор, содержащий 7—9 г И. на л, сгущают в железных чренах до концентрации 12—40 г на л, причем выделяется хлористый калий и другие соли. В Шотландии концентрацию раствора доводят даже до 100 г на л. Полученный концентрат обрабатывают серной кислотой для разрушения карбонатов и полисульфидов и барботируют паром (пропускают тонкие струи пара из перфорированных трубок), для того чтобы вызвать коагуляцию коллоидальной серы и окончательно разложить сульфиты и гипосульфиты. Серу отделяют, раствор фильтруют и нагревают со смесью перекиси марганца и  $H_2SO_4$  в чугунных котлах. Отгоняющийся вместе с водой И. собирают в особые глиняные приемники. Во Франции вместо отгонки часто применяют выделение И. при помощи  $KClO_3$ :

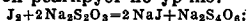


Т. к. реакция протекает медленно (несколько дней), ее ускоряют пропуская хлор. Выпавший И. отделяют и подвергают сублимации. Для получения И. из водорослей

пользуются также процессами брожения. Водоросли, сложенные в чанах, легко обрабатываются; при этом из них вытекает рассол, который собирают и перерабатывают на И.

Вопрос о производстве И. в России возник еще во время войны 1914—18 гг. Впервые производство было организовано Писаржевским и Аверкиевым в Екатерининском водорослей Черного моря — *Phlorotha tubra*; водоросли вылавливали в районе Одесса—Севастополя—Дунай, сжигали на берегу, а золу транспортировали в Екатеринбург. Экономически производство оказалось невыгодным вследствие высокой стоимости вылавливания (траления) водорослей из глубины, и добыча И. вскоре прекратилась. Содержание И. в золе черноморских водорослей, как показала экспедиция Аверкиева в 1927 г., не превосходит 0,5%. Другим источником И. были водоросли Белого моря: *Laminaria saccharina*, *L. digitata*, *Fucus* и др. В 1916 году в Архангельске был построен иодный з-д для переработки водорослей. Однако з-д выступил в 1920—1923 гг. только 132 кг И. и прекратил свою работу вследствие нерентабельности. Организовавшаяся кустарная артель на острове Жижигине, в центре ваготки золы (250 км от Архангельска), покупая золу у местных крестьян, сумела создать рентабельное производство. Выработка И. достигает 400 кг в год и м. б. значительно увеличена. Гораздо большие возможности получения И. из водорослей представляются на дальневосточном побережье. В золе *Laminaria (angustata, longissima, ochotensis, japonica* и др.), к-рые выбрасываются океаном на берег в громадных количествах, содержится до 1% И. Построенный в 1916 г. в бухте Ченьювай з-д за 1916 и 1917 гг. дал свыше 1 000 кг иода. Большие возможности для организации иодного производства в СССР лежат в иодсодержащих водах нефтяных скважин Апшеронского полу-ва. Две основные канавы, отводящие промышленные воды в море, Кишлинская и Романовская, ежегодно уносят свыше 450 000 кг И. Однако малое содержание И. (12—24 мг на 1 л), щелочность и в особенности значительное содержание других солей и присутствие нефтяных к-т в этих водах в значительной мере усложняют процессы добычи И. В 1925 г. Химико-фармацевтич. ин-том ВСНХ был разработан способ поглощения И. из вод нефтяных источников посредством картофельного крахмала. Для проверки этого метода на озере Буюк-Шор в 10 км от Баку была построена опытная иодная станция, к-рая показала несомненную возможность добычи И. из нефтяных вод. Однако встретившиеся технические затруднения не дали возможности развить опытную станцию в промышленное предприятие. Имеются сведения о нахождении И. в озере Краснодар («Горячий ключ»), в озерах Сибири, в медно-серебряных рудах Дальне-Восточного края (Дарасунский завод ст. Шилка) и в ряде других местностей.

Колич. определение И. производится при помощи титрования гипосульфитом  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , с к-рым он реагирует по ур-ию:



конец титрования указывается индикатор-

ной реакцией окрашивания крахмала или хлороформа.

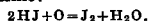
Применяется И. гл. обр. в медицине—в виде растворов, солей или органич. соединений (см. *Иода соединения*), при получении некоторых иодированных красок (эритрозин, цианин, бенгальский розовый) и в качестве реагента в ряде реакций (получение иодистых алкидов).

Лит.: Магидсон О., К разрешению иодного вопроса, «ЖХП», 1927, 1; Аверкиев Н., О добыче иода из водорослей Черного моря, «Хим. Фабр. журнал», М., 1928, 3; его же, Исследования иодсодержащих водорослей морей СССР, «Хим. Фабр. вестник», Харьков, 1926, 3; И в а н о в В. Е., Морская капуста и утилизация ее в условиях Дальне-Вост. края для производства иода, «Производит. силы Дальнего Востока», выпуск 6, Хабаровск, 1927; У р а з о в Г. Г., Бактинские иодные озера, «Материалы по изучению естеств. производ. сил СССР», 1919, 28; К о н с т а н т о в С. Г., К вопросу о добыче иода, брома и брыз, «Поверхность и недра», П., 1916, 3; G m e i l n - K r a u t, Handbuch d. anorgan. Chemie, B. 1, Abt. 2, p. 285, Heidelberg, 1909; Handbuch d. anorgan. Chemie, hrsg. v. R. Aebegg u. F. Auerbach, B. 4, Abt. 2, p. 340, Lpz., 1913; H o l l a r d A., La fabrication de l'iode, «Revue générale de sciences», Paris, 1928; G m e i l n - K r a u t, Das Vorkommen d. Kreislaut u. d. Stoffwechsel d. Jods, München, 1926; S c h a e r M., Chemie u. Biochemie d. Jods, Stuttgart, 1928.

О. Магидсон.

**ИОДА СОЕДИНЕНИЯ.** Неорганические соединения иода. К ним относятся: соединения иода с водородом и металлами, соединения с металлоидами и кислородные соединения иода (напр. к-ты).

Иодистый водород,  $\text{HJ}$ , бесцветный газ, дымящий на воздухе, сжимающийся при  $-36^\circ$  и затвердевающий при  $-51^\circ$ . Он легко растворяется в воде (при 10—425 см.), давая иодистоводородную кислоту (см. *Галогидноводородные кислоты*).  $\text{HJ}$  отличается прочностью и уже на воздухе или в водных растворах в присутствии воздуха окисляется по уравнению:



$\text{HJ}$  диссоциирует также и на свету; получается при медленном приливании взвеси 5 ч. красного фосфора в 10 ч. воды к смеси 100 ч. иода и 10 ч. воды. Можно получать  $\text{HJ}$  и каталитически, пропуская сухой водород с парами иода через нагретый платинированный асбест. От получаемого при этом избытка иода  $\text{HJ}$  освобождают сильным охлаждением. Иодистоводородная к-та получается также при пропускании тока сероводорода в воду, в к-рой находится иод, с последующей перегонкой к-ты. Для получения концентрированной к-ты насыщают к-ту уд. в. 1,7 газообразным  $\text{HJ}$ . Иодистоводородная к-та образует ряд солей из них некоторые отличаются очень малой растворимостью, —напр. соль серебра  $\text{AgJ}$ , легко образующаяся при смешении растворов иодистых солей с раствором азотнокислого серебра в виде бледножелтого хлопьевидного осадка, нерастворимого в аммиаке. Растворимость иодистого серебра при  $25^\circ$  в 1 л воды =  $2,4 \cdot 10^{-8}$  г. Мало растворимы также: полуиодистая медь  $\text{Cu}_2\text{J}$  (0,25 г на 1 л), иодистая ртуть  $\text{Hg}_2\text{J}$ , иодистый свинец  $\text{PbJ}_2$ , иодистый таллий  $\text{TlJ}$ , иодистый палладий  $\text{PdJ}$  и другие иодистые соединения тяжелых металлов.

Иодистый калий,  $\text{KJ}$ , был впервые получен Гей-Люссаком и Вокеаном (1814 г.) и вскоре после этого был введен в медицину как ценное лекарство. Он образует прекрас-

ные кристаллы кубическ. системы, прозрачные при медленном образовании из не очень крепких растворов и матовые—из щелочных горячих и сильно концентрированных растворов. КJ имеет реакци горьковато-соленый вкус. Уд. в. при 15° 3,07. При обыкновенной ° КJ растворяется в воде (75% от его веса) с сильным поглощением тепла.

Растворимость КJ в 100 г воды.

Темп-ра .	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Раствори- мость, г	127,9	136,1	144,3	152,3	160	168	176
Темп-ра .	70°	80°	90°	100°	110°	118,4°	—
Раствори- мость, г	184	192	201	209	218	222,6	—

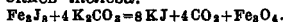
В 90%-ном алкоголе КJ растворяется в отношении 1:12, плавится при 680°, хорошо растворяет иод, давая комплексное соединение  $KJ_3$ . Сухой КJ на воздухе устойчив, во влажном же состоянии и при действии света он разлагается и окрашивается в желтый цвет (от выделяющегося иода). Озон, перекись водорода, окислы азота и другие окислятели выделяют из КJ свободный иод.

Получение КJ обычно ведется след. обр.

1) В деревянный или керамиковый сосуд загружают иод, маточные растворы от предыдущей работы и затем по частям мелкие железные стружки. Происходит довольно энергичная реакция образования иодисто-иодного железа:



Раствор полученного иодисто-иодного железа постепенно (при хорошем перемешивании) приливает к кипящему раствору поташа. При этом образуются иодистый калий и закись-окись железа:



К концу реакции среда должна оставаться слабо щелочной. Затем прибавляют немного иодистого бария для осаждения могущего содержаться в поташе сульфата. После того как черный осадок железных окислов оседет, прозрачный раствор сливают через фильтр в котел с паровой рубашкой и здесь упаривают. Черный же осадок переносят на нуч и здесь промывают горячею водою, которая вместе с маточниками от кристаллизации идет для новой загрузки иода. Растворы КJ упаривают в котле до 66,5° В6 и спускают для кристаллизации в керамиковые чаши; для увеличения поверхности соприкосновения стенок с раствором, чаши делают ребристыми или подвешивают керамиковые шары. Чистые кристаллы отцеживают, промывают раствором чистого КJ и тщательно центрифугируют, затем они поступают на сушку, где на эмалированных противнях их высушивают горячим воздухом при 130—140°.

2) Значительно менее распространен способ получения КJ путем растворения J в КОН, причем происходит реакция образования иодистого и иодоватокислого калия:



К раствору прибавляют измельченный чи-

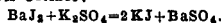
стый уголь, упаривают досуха и прокалывают остаток до сплавления; при этом уголь восстанавливает иодоватокисловую соль до иодистой соли. Затем слав растворяют в воде, отфильтровывают от нерастворенных частиц и упаривают до кристаллизации, как описано выше.

3) Для непосредственной переработки полудиодистой меди на КJ ее сплавляют в поташом при высокой температуре (900—1000°). При этом получают КJ и окись меди. После растворения сплава нерастворимую окись меди отфильтровывают.

4) КJ получают также окислением иодом сернистого бария в водной среде:



Полученный иодистый барий осаждают сернокальциевою солью:

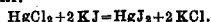


Сернокальциевый барий отфильтровывают вместе с серою и раствор КJ подвергают упариванию и кристаллизации.

КJ применяется гл. обр. в медицине, а также в фотографич. производстве и в хим. лабораториях в качестве реактива. Количество производимого в СССР КJ вполне удовлетворяет потребности страны.

Иодистый натрий, NaJ, выкристаллизовывается при обыкновенной ° в бесцветных моноклинч. кристаллах с 2 молекулами воды, а выше 40°—в безводных кубич. кристаллах; плавится при 664°; NaJ легко притягивает влагу, окрашиваясь в желтый цвет от выделяющегося иода; при 15° растворяется в 0,6 ч. воды или в 3 ч. 90%-ного спирта. Растворимость в абс. спирте при 22,5° 43:100, в метиловом спирте—77,7:100. В отличие от КJ, NaJ хорошо растворим в ацетоне. Иодистый натрий получают теми же методами, что и КJ, из соответствующих натриевых соединений и применяется для тех же целей, что и КJ.

Иодная ртуть,  $HgJ_2$ , существует в трех модификациях: красная, желтая и бесцветная. Самая устойчивая—красная, получающаяся обменным разложением водного раствора хлорной ртути с раствором иодистого калия:



При этом  $HgJ_2$ , мало растворимая в воде, выпадает из растворов. Она плавится при 238°. При малой растворимости в воде  $HgJ_2$  б. или м. хорошо растворится в ряде органич. веществ (в алкоголе, метиловом спирте, жирах). Желтая модификация получается при вылинии в воду спиртового раствора красной модификации. В медицине  $HgJ_2$  применяется для изготовления мазей в виде растворов в иодистом калии. В фотографии  $HgJ_2$  применяется в качестве усилителя. В растворе КJ иодная ртуть образует комплексное соединение  $K_2HgJ_4$ , к-рое применяется как реактив на алкалоиды, а при смешении со щелочью—как реактив на аммиак (неселеров реактив).

Иодистый цинк,  $ZnJ_2$ , желтые гигроскопич. кристаллы, плавящиеся при 446°; получают  $ZnJ_2$  растворением цинковых стружек в воде с иодом и выпариванием получающегося раствора; применяется в меди-

щине как прижигающее; с крахмалом— в качестве реактива на окислители.

Иодистый аммоний,  $\text{NH}_4\text{I}$ , получается нейтрализацией иодистоводородной кислоты аммиаком в виде белых гигроскопич. кристаллов; применяется в медицине.

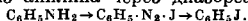
Иодистое железо,  $\text{FeI}_2$ , получается растиранием железа с иодом и водою с последующим выпариванием филтраты; представляет собою кристаллич. массу, плавящуюся при  $177^\circ$ . Из воды  $\text{FeI}_2$  выкристаллизовывается в зеленых кристаллах состава  $\text{FeI}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; применяется в медицине.

Трехлористый иод,  $\text{JCl}_3$ , лимонно-желтые иглы или ромбические кристаллы с  $t_{\text{пл.}} 27^\circ$ .  $\text{JCl}_3$ — сильно пахнущее вещество, получаемое прямым соединением  $\text{Cl}$  с  $\text{J}$ ; применяется в растворе 1:1 000 до 1:1 500 как сильное дезинфицирующее средство.

Иодоватая кислота,  $\text{HJO}_3$ , получается окислением иода дымящей азотной к-той; представляет собой легко растворимые кристаллы; применяется в иодометрии.

Иодноватокалиевая соль,  $\text{KJO}_3$ , получается действием иода в кислой среде на хлорноватокалиевую соль при нагревании или же электролитическим окислением  $\text{KJ}$  на аноде; хорошо растворима в воде и нерастворима (в отличие от  $\text{KJ}$ ) в спирте; плавится при  $560^\circ$ ; применяется как реактив.

**Органические соединения иода.** Иод способен вступать в молекулу органич. веществ, но не с такой легкостью, как  $\text{Cl}$  или  $\text{Br}$  (см. *Галогидные алкиды*); только в немногие группы органич. соединений можно ввести иод непосредственно: так, фенол иодируется в присутствии щелочи, давая ди- и триидфенолы. Анилин также легко дает иоданилины. Большое значение имеет и одозонин, тетраодфлуоресцен  $\text{C}_{20}\text{H}_8\text{J}_4\text{O}_6$ , получающийся действием иода на щелочные растворы флуоресцина. Иодоэонин является очень чувствительным индикатором при титровании слабых оснований. Иодирование парафенолсульфофоскислоты дает ценную группу дезинфицирующих веществ: т. н. *созоидоловую к-ту* (диодифенолсульфофоскислоту) и ее соли—натриевую, калиевую, ртутную и цинковую. На ароматич. углеводороды иод прямо не действует, и для получения их приходится прибегать к окисльным путем. Так напр., иодбензол получают из анилина через диазореакцию:



В органич. соединениях иод либо является одновалентным либо способен проявлять более высокую валентность и бывает 3- и даже 5-валентен. Так, иодбензол присоединяет хлор, образуя хлорид иодбензола  $\text{C}_6\text{H}_4\text{JCl}_2$ , в к-ром  $\text{I}$  трехвалентен. При гидролизе этого хлорида образуется и одозобензол  $\text{C}_6\text{H}_4\text{JO}$ , имеющий характер органич. основания, способного давать соли, напр. уксуснокислоту  $\text{C}_6\text{H}_4\text{J}(\text{OOCCH}_3)_2$  или упомянутый выше хлорид. Еще более сильными основаниями являются т. н. иодониевые соединения, в к-рых две валентности иода насыщены органич. радикалами, а третья—гидроксильной, напр. дифенилиодониевое основание  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{J}(\text{OH})$ , легко растворимое в воде, с сильно щелочной реакцией и образующее прочные соли, как например иодистый дифе-

нилиодоний  $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{J}^+\text{J}^-$ . Наконец существуют еще и одосоединения, в которых иод пятивалентен; и одобензол,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{JO}_2$ , образующийся из иодобензола путем окисления. Иодосоединения уже не отличаются щелочным характером и представляют собою хорошо кристаллизующиеся вещества, легко разрушающиеся при нагревании.

**Фармацевтические препараты иода.** К ним относятся иодная настойка (тинктура) и целый ряд органических соединений иода.

Иодная настойка, 10%-ный раствор иода в крепком спирте; получается простым настаиванием иода в 95%-ном спирте в виде красно-бурой жидкости.

Иодовозеген, 10%-ный раствор иода в оксигенированном вазелине; применяется вместо иодной настойки.

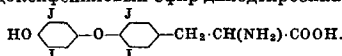
Иодинин, продукт иодирования сезамового (кужнутаго) масла; содержит от 10 до 25% иода; получается действием хлористого иода в присутствии алкоголя на сезамовое масло или же неполным насыщением масла газообразным иодоводородом.

Саиодин,  $\text{Ca}(\text{C}_22\text{H}_{35}\text{OJ})_2$ , кальциевая соль моноиодбензойной кислоты; получается выделением из сурепного или жирного горчичного масла эруковой кислоты, обработкой ее хлористым иодом и превращением затем в кальциевую соль. Саиодин—белый порошок, без вкуса и запаха, нерастворимый в воде; содержит 26% иода.

Иодиваль, моноиодизалерилмочевина,  $\text{CH}_2 > \text{CH} \cdot \text{CHJ} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}_2$ , белый порошок, нерастворимый в воде, не резко плавящийся при  $180^\circ$ , слабо горьковатого вкуса. Содержит 47%  $\text{J}$ , получается действием иодистого калия на бромурал. Применяется вместо  $\text{KJ}$ .

Иодол, тетраодпиррол,  $\text{C}_4\text{J}_4\text{NH}$ , получается иодированием пиррола в присутствии очень слабых оснований; светлокелтый порошок, без запаха и вкуса, трудно растворимый в воде и легко растворимый в спирте; применяется аналогично *иодоборму* (см.).

Иодотирин, действующее вещество щитовидной железы, содержащее до 10%  $\text{J}$ . Иодотирин представляет собою соединение двух веществ: 1) белковой субстанции—тиреоглобулина и 2) иодированной аминокислоты, которая, по последним работам (Гаррингтон и Баргер), представляет собой ди-иодоксифенильный эфир диодотирозина:

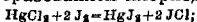


Продажный препарат иодотирина (тиреоидина) представляет собою высушенную и измельченную в порошок щитовидную железу.

Лит.: Кравцова Н. П., Основы фармакологии, ч. 2, стр. 276—284, изд. М.—Л., 1928; Handb. d. anorg. Chemie, hrsg. v. R. Abegg u. Fr. Auerbach, B. 4, Abt. 2, p. 403—524, Lpz., 1913. О. Шлегель.

**ИОДН-Е ЧИСЛО** выражает количество иода (в процентах), к-рое связывается непосредственными жирными к-тами и их глицеридами. И. ч. является одной из констант, характеризующих жиры и масла по содержанию в них ненасыщенных составных частей. Из различных методов определения И. ч. чаще всего применяется способ Гюбля,

принцип которого состоит в том, что хлорная ртуть со спиртовым раствором иода реагирует с образованием хлорида:



хлорид легко присоединяется к ненасыщенным соединениям по месту двойной связи.

Для определения И. ч. по Гюблю поступают следующим образом. В склянке с притертой пробкой растворяют от 0,5 до 1,0 г испытуемого вещества (в случае большого содержания непредельных соединений, например в высыхающих маслах, берут 0,15—0,20 г) в 10—15 см<sup>3</sup> хлороформа или четыреххлористого углерода и из пипетки прибавляют 25 см<sup>3</sup> иодного раствора, к-рый предварительно приготавливают, смешивая растворы из 25 г иода в 500 см<sup>3</sup> 95%-ного спирта и из 30 г хлорной ртути в 500 см<sup>3</sup> 95%-ного спирта. Если жидкость в течение 1—2 часов обесцветится, то это означает, что иода недостаточно, и тогда приливают еще 25 см<sup>3</sup> иодного раствора. Смесь осторожно взбалтывают и оставляют в темноте при комнатной t° на 12—24 ч., после чего к смеси приливают 300—400 см<sup>3</sup> воды и 15—20 см<sup>3</sup> 10%-ного раствора иодистого калия (для растворения иодистой ртути) и титруют раствором гипосульфита (24 г в 1 000 см<sup>3</sup> воды) до слабо-желтого цвета (титр гипосульфита устанавливают по раствору 3,847 г двухромовокислого калия в 1 000 см<sup>3</sup> воды; 1 см<sup>3</sup> этого раствора выделяет 0,01 г иода); затем к слабо-желтой жидкости прибавляют крахмал и до титрывают до исчезновения синей окраски. Одновременно с испытанием производят в тех же условиях слепой опыт для установления количества иодного раствора, связанного не самим испытуемым веществом, а его растворителями. В слепом опыте титрование производится непосредственно перед или после титрования испытуемой пробы.

И. ч. =  $100 \frac{(a-a')c}{b}$ , где *a* и *a'* обозначают количества (в см<sup>3</sup>) раствора гипосульфита, израсходованного при титровании в испытуемой пробе и в слепом опыте, *c*—титр этого раствора по иоду, *b*—навеска жира.

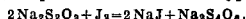
Кроме способа Гюбля существует ряд методов определения И. ч. из к-рых некоторые (метод Вейса, Винклера) позволяют совершить всю операцию значительно быстрее и не менее точно, чем по методу Гюбля. Вейс в качестве иодирующей жидкости применяет раствор иода и хлора, взятых в эквивалентных количествах, в уксусной кислоте. Винклер пользуется  $\frac{1}{2}$  N раствором бромата калия, содержащим бромистый калий (40 г на 1 л). Определение И. ч. по этим методам производится аналогично методу Гюбля.

Иодное число естественных жиров и масел см. Стр. ТЭ, т. III.

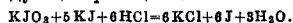
Лит.: Дьяч и Л. Ж. Жиры и масла. Состав, свойства и техника переработки, Л., 1925; Мейер Н., Analyse u. Konstitutionsermittlung d. organ. Verbindungen, p. 1127, В., 1922. С. Медведов.

**ИОДОМЕТРИЯ**, метод объемного анализа (см. Анализ химический), служащий для количественного определения как свободного иода, так и всех тех веществ, к-рые прямым путем или через посредство промежуточных операций способны выделять свободный иод из его соединений. Выделившийся иод оттит-

ровывают раствором гипосульфита, причем происходит реакция согласно уравнению:



В качестве индикатора к раствору иода необходимо до окончания титрования прибавляют немного крахмального клейстера или «растворимого крахмала», дающего с иодом синее окрашивание. Приливание гипосульфита из бюретки ведется до момента наступления обесцветивания раствора, к-рое указывает на восстановление всего иода согласно вышеприведенному ур-ию. Особенно удобно применять иодометрич. метод анализа, пользуясь следующей реакцией:

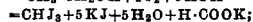
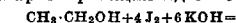


Количество выделяющегося иода строго соответствует количеству прибавляемой к-ты, вследствие чего указанной реакцией можно пользоваться для проверки титра гипосульфита, а также для аддитивного определения кислот.

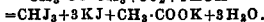
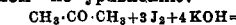
И. принадлежит к наиболее точным методам аналитич. химии и имеет большое применение. Так, методом И. пользуются при количественном определении следующих веществ: свободных иода, хлора, брома и хлорноватистой к-ты; ионов иода и брома (в частности в минеральных водах); перекисей тяжелых металлов, двуокиси марганца, перманганата, теллуриевой к-ты, окиси церрия, ванадиевой и молибденовой к-т, хлоратов, иодатов и периодатов, хроматов, озона, перекиси водорода, железа, меди, сахара, мышьяковистой к-ты, трехоксици и пятиоксици сурьмы, сероводорода, сульфидов и сульфогидратов, сернистой и железистосинеродистой водородной кислот, формалина, фенола и др.

Лит.: Трейвель Ф. П., Курс аналитич. химии, том 2.—Количественный анализ, перевод с нем. М.—Л., 1927. А. Влассиди.

**ИОДОФОРМ**,  $\text{CHJ}_3$ —мелкие, блестящие, жирные наощупь гексагональные таблечки или пластинки лимонно-желтого цвета и сильного, навязчивого запаха с  $d_{4}^{20}$  1,20<sup>7</sup> и уд. в. 4,008 (при 17°); И. обладает значительной летучестью уже при обыкновенной t°. И. мало растворим в воде (1:5 000), растворяется в 50 ч. спирта, 5 ч. эфира, хорошо растворим в хлороформе, петролейном эфире, сероуглероде, эфирных и жирных маслах. Под влиянием света и воздуха разлагается с выделением иода. И. получается при действии щелочных растворов иода на этиловый спирт, ацетальдегид, уксусный эфир, ацетон, молочную к-ту, сахар, белки и другие органические соединения, содержащие группы  $\text{CH}_2\text{CO}\equiv$  и  $\text{CH}_2\text{SH(ON)}\equiv$ . Этой реакцией пользуются для обнаружения этилового спирта и для количественного определения ацетона в метиловом спирте. С этиловым спиртом реакция идет по ур-ию:



с ацетоном—по уравнению:



Обыкновенно для фабричного производства И. пользуются последней реакцией, причем образующийся при этом иодистый калий обрабатывают раствором хлорноватистоатриевой соли, к-рая переводит его снова в иод,

так что в конечном итоге вся реакция может быть выражена следующим уравнением:

$$2\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}\cdot\text{CH}_3 + 3\text{J}_2 + 2\text{NaOH} + 5\text{NaOCl} = 2\text{C}_6\text{H}_5\text{J} + 3\text{NaCl} + 3\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + 3\text{H}_2\text{O}.$$

Для проведения этого процесса готовят щелочной раствор йода в керамическом сосуде, в него вливают при хорошем перемешивании и охлаждении ацетон. Поддерживая все время низкую  $t^\circ$ , приливают понемногу (при перемешивании) раствор хлорноватистона триевой соли, имеющих приблизительно  $\frac{2}{1}$  N концентрацию, приготовленный пропусканием хлора в охлажденный раствор едкого натра; при этом выпадает желтый порошок И., к-рый по окончании реакции отфильтровывают, промывают водой и высушивают. Для получения чистого препарата его еще подвергают кристаллизации из спирта. В практике большого фабричного производства И. применяется также и электрохимич. метод [1], заключающийся в том, что этиловый спирт сначала обрабатывают йодом в растворе углекислой щелочи, а получающийся после выпадения И. раствор подвергают электрохимическому окислению на аноде с перемешиванием при помощи тока углекислоты; при этом происходит полное использование йода.

И. легко восстанавливается в иодистый метилен напр. мышьяковистой к-той

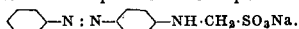
$$2\text{As}_2\text{O}_3 + 2\text{C}_6\text{H}_5\text{J} + 5\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{C}_6\text{H}_5\text{J}_2 + 2\text{J} + \text{H}_2$$

или же действием цинковой пыли и щелочи.

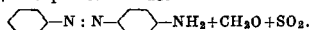
И. имеет большое применение в медицине, употребляется как наружное при заживлении ран. Чрезвычайно неприятный запах И. побудил заменить его препаратами, в к-рых И. не имеет этого недостатка. К ним относятся белковое соединение И.—и о д о ф о р м о г е н; соединение с гексаметилентетрамином—и о д о ф о р м и н; соединения иодоформина с иодистым этилом—и о д о ф о р м а л ь и др. (динодоформ, аристокс, виоформ, лоретин).

Лит.: 1) «Ch. Ztg.», Cöthen, 1925, p. 18.—Кравков Н. П., Основы фармакологии, ч. 2, 2 изд., М.—Л., 1928.

**ИОНАМИНЫ**, красители для искусственного ацетатного шелка, открыты в 1923 г. А. Грином. И. являются легко растворимыми препаратами аминазоокрасителей, именно  $\omega$ -метилсульфонатриевыми солями аминазоокрасителей простейшего строения:



И. легко омыляются, распадаясь при этом на окрашенный аминазоокраситель, формальдегид и сернистый газ:



На этом свойстве основано применение И. в крашении ацетатного шелка, к-рый пропитывают ионаминами, и затем подвергают И. на волокне омылению. При этом на волокне остается лишь фиксированный окрашенный аминазоокраситель.

И. получают обычным для азокрасителей (см.) методом азо-сочетания диазониевой соли с  $\omega$ -сульфометиламином. Применение И. не нашло широкого распространения в виду того, что и свободные аминазоокрасители хорошо адсорбируются из их суспензий аце-

татным шелком, вследствие чего они выпущены в продажу под названием азинонов различных марок, более дешевых, чем И. Лит.: G r e e n A., «Journ. of the Society of Dyers & Colorists», Bradford, 1923, I, p. 39. И. Иоффе.

**ИОНИЗАЦИЯ**, процесс распада электрически нейтральной молекулы на (+) и (–) заряженные части, называемые и о н а м и. Нормальными ионами являются: 1) отрицательно заряженные электроны, 2) атомы, несущие на себе свободные (+) или (–) заряды, 3) атомные группы, или молекулярные остатки с соответственными зарядами. Облекаясь сольватными оболочками в растворах или осаждаясь на пылинках в газах, нормальные ионы обращаются в так назыв. медленные ионы (или ионы Ланжевена); масса таких ионов может в тысячи раз превосходить нормальную массу. Заряд иона всегда является кратным от элементарного электрического заряда =  $4,774 \times 10^{-10}$  электростатических единиц (см. Электрон); поэтому говорят об однократно-, двукратно-, трехкратно- и т. д. ионизованных атомах. Причины, вызывающие И., могут быть разделены на три группы: 1) поглощение света, 2) удары электронов, атомов или молекул (у д а р н а я И.) и 3) химич. причины.

Если энергия поглощенного кванта (см. Кванты) света  $h\nu$  достаточна для переноса поглощающего электрона в предельное возможное для атома стационарное состояние (п р е д е л ь н у ю о р б и т у), то происходит вылет электрона за пределы атома, т. е. фотоэлектрич. эффект; иными словами, происходит И. Если частота поглощенного света недостаточно велика, то электрон в атоме только переходит в другое стационарное состояние (возбуждение атома). Таким образом И. при поглощении света возможна только начиная с определенной предельной частоты  $\nu_0$  или длины волны  $\lambda_0$ ; эффективный ионизатором в газах является только радиация с достаточно большой частотой (ультрафиолетовые, рентгеновские,  $\gamma$ -лучи). При поглощении света молекулами может произойти не только вылет электрона, но и распад молекулы на атомы или молекулярные ионы. Экспериментально это впервые было доказано А. Н. Терениным в случае освещения паров галлоидных солей ультрафиолетовым светом.

Ударная И., или И. толчком, подчиняется по существу тому же закону, как и И. светом: она осуществима только начиная с определенного предельного значения  $\frac{m v_0^2}{2}$  кинетической энергии ударяющего ионизатора ( $m$ —масса,  $v_0$ —предельная скорость). До тех пор, пока это значение не достигнуто, ударяющий электрон, ион, атом или молекула могут только «возбуждать» ударяемую молекулу или упруго отражаться от нее. Предельная частота  $\nu$  при ионизации светом и предельная скорость  $v_0$  при ударной ионизации связаны соотношением:

$$h\nu = \frac{m v_0^2}{2},$$

где  $h$ —постоянная Планка.

Ударная И. имеет основное значение при электрическом разряде в газах (а также и в твердых телах—см. Диэлектрики). При ускорении в электрич. поле движения элект-



троны (или вообще ионы) приобретают наконец (при достаточном напряжении) скорость, нужную для И., и при ударе расщепляют встречные молекулы на ионы; последние в свою очередь, разогнавшись в электрич. поле, становятся ионизаторами, и т. д. Для достижения ударной И. нужен нек-рый минимальный потенциал  $V_0$ , называемый ионизационным потенциалом и связанный с  $v_0$  и  $v_0$  соотношением:

$$eV_0 = \frac{mv_0^2}{2} = hv_0,$$

где  $e$ —заряд иона. Механизм диссоциации молекул на ионы в растворах (см. Диссоциация электролитическая), так же как И. при различных химич. процессах, теоретически еще недостаточно выяснен.

Ионы, к-рые возникают в газе под влиянием какого-либо ионизатора, в случае прекращения его действия быстро исчезают, что объясняется соединением положительных и отрицательных частей молекул, разрушенных действием ионизатора. Это явление называется в соединении и, или рекомбинацией, а также молекулярной ионизацией.

С формальной стороны ионы можно рассматривать как некоторую примесь к газу, отличную от него по ее свойствам; поэтому по отношению к ионам вводится понятие о концентрации ( $n$ ), или числе ионов в  $1 \text{ см}^3$ . Точно так же вводится понятие о диффузии ионов, определяемой по аналогии с диффузией газов. Поток диффузии ионов, т. е. количество ионов, проходящих в единицу времени через  $1 \text{ см}^2$  поверхности в направлении  $x$ , нормальном к ней, определяется ур-нем:

$$Q = B \frac{dn}{dx},$$

где  $n$ —концентрация ионов и  $B$ —коэф-т диффузии газов.

Находясь в электрическом поле, ионы движутся в направлении силовых линий соответственно своему знаку. Скорость, к-рую развивают ионы при движении в поле с напряжением, равным единице, называется подвижностью и коэф-тов диффузии ионов дают возможность сделать выводы о свойствах и природе ионов. Подвижность отрицательных нормальных ионов несколько больше подвижности положительных. Так, для ионов, образующихся в воздухе, как среднее можно принять:

$$u' = 1,35 \text{ см/сек} : V/\text{см},$$

$$u'' = 1,83 \text{ см/сек} : V/\text{см}.$$

Чрезвычайно малая подвижность ионов и, соответственно этому, малый коэффициент диффузии заставляют предполагать, что вокруг иона образуется группа молекул, которые удерживаются его зарядом и движутся вместе с ионами,—это т. н. кучевая теория образования ионов. Другие авторы объясняют те же факты увеличением внутреннего трения, которое испытывает ион в газе вследствие электростатич. действия его заряда на молекулы газа. При очень больших напряженностях полей (ок. 10 000 V/см) подвижность ионов сильно возрастает.

Что касается рекомбинации ионов, то число ионов, воссоединяющихся в единицу времени, зависит от числа столкновений ионов того или другого знака, т. е. пропорционально произведению концентраций ионов обоих знаков. Допуская, что концентрация положительных и отрицательных знаков одинакова ( $n$ ), имеем:

$$\frac{dn}{dt} = -an^2,$$

где  $a$ —положительная величина, называемая коэф-том рекомбинации, или воссоединения. Из этого уравнения путем интегрирования находим:

$$n = \frac{n_0}{1 + an_0 t},$$

где  $n_0$ —значение концентрации в начальный момент времени ( $t = 0$ ). Из этой формулы видно, что в газе после прекращения действия ионизатора убывание числа ионов идет по гиперболическому закону. Определение числового значения  $a$  в среднем приводит к числу  $a = 1,5 \times 10^{-8}$  электростатич. единиц. Коэффициент  $a$  зависит от примесей в газе; он уменьшается при уменьшении давления газа и при повышении темп-ры.

Лит.: Эйнштейн А. А., Электричество, 5 изд., М.—Л., 1928; Семелов Н. Н., Электрические явления. II, 1928; Тейлор С. Д., J. S., Conduction of Electricity through Gases, Cambridge, 1928; Townsend J. S., The Theory of Ionization of Gases by Collision, L., 1910; Townsend J. S., Electricity in Gases, Oxford, 1914; Франк Дж. У. Jordan A. P., Anregung v. Quantensprünge durch Stöße, Berlin, 1926; Bloch L., Ionisation et résonance des gaz et des vapeurs, P., 1925. К. Яковлев.

**Ионизация атмосферного воздуха.** Изолированный проводник, экспонированный в атмосфере, постепенно теряет свой заряд, в чем можно убедиться, наблюдая спадение соединенного с ним электроскопа. Это явление приводит к заключению о нек-рой электропроводности атмосферы—свойству, которым она обязана присутствию в ней положительных и отрицательных ионов.

В атмосфере обнаружены ионы различной массы и подвижности; наиболее изучены обыкновенные, или малые, ионы. Ионизаторами атмосферы являются  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучи радия, тория, актиния и их производных, находящихся в почве, в водах, в атмосфере, а также ультрафиолетовые лучи солнца, проникающая радиация и некоторые другие факторы. Около 64% И. обусловливается действием радиоактивных веществ, находящихся в почве: измерения радиоактивности почвенного воздуха показали, что он в несколько раз богаче ионами, чем воздух атмосферы. И. почвенного воздуха имеет суточный и годовой ход (maximum—летом и днем, minimum—зимой и ночью), а также зависимость от метеорологич. условий—эти явления обуславливаются интенсивностью транспирации воздуха в почве. В большей или меньшей степени радиоактивными являются все породы земной коры. В среднем граниты содержат  $3,46 \times 10^{-12}$  Ra и  $1,17 \times 10^{-16}$  Th на 1 г породы, осадочные породы— $0,9 \times 10^{-12}$  Ra и  $0,05 \times 10^{-16}$  Th, океанические воды—от 3,4 до  $0,9 \times 10^{-14}$  Ra на  $1 \text{ см}^3$ . Те же ионизирующие элементы были найдены в различных и меняющихся количествах в атмосферном воздухе. Заряженная и изолированная проволока, экспонированная в

атмосфере, всегда получает известную активность. Исследования атмосферы обнаруживают emanации Ra, Th, Ac, причем в среднем Ra:Th = 13:1.

Ионы, получаемые в атмосфере в результате действия ионизаторов, не однородны по своей массе и подвижности. Различают гл. образом обыкновенные (легкие) и тяжелые ионы, получающиеся оседанием электрич. зарядов на частицах пыли, молекулах водяного пара и т. п. Режим ионосодержания в атмосфере м. б. выражен ур-нием:

$$q = an^2 + bN^2 + cN_1n + dNn, \quad (1)$$

где  $q$ —число малых положительных или отрицательных ионов, образующихся в  $1 \text{ см}^3$  в секунду;  $n$ ,  $N$  и  $N_1$ —числа малых и тяжелых ионов и нейтральных ядер в  $1 \text{ см}^3$ ;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ —некоторые постоянные. Отдельные слагаемые правой части последовательно представляют собою числа ионов, теряемых  $1 \text{ см}^3$  от молизации малых и тяжелых ионов, от перехода малых ионов в тяжелые и от оседания ионов на нейтральных ядрах. Теоретич. подсчет Ф-лы (1) дает  $q$  равным от 5 до 12 ионов в  $1 \text{ см}^3$  в ск. С другой стороны, радиации почвы, вод, атмосферного воздуха и других ионизаторов суммарно дают около 9 ионов в  $1 \text{ см}^3$  в ск. Получается хорошее совпадение для таких общих подсчетов, показывающее, что деятельность этих агентов в состоянии объяснить И. атмосферного воздуха и ее особенности.

Количество ионов в  $1 \text{ см}^3$  в атмосфере измеряется особыми приборами—счетчиками ионов: если  $n$ —число ионов какого-либо знака в  $1 \text{ см}^3$ ,  $D$ —количество воздуха, протекающее в единицу времени через единицу поверхности, нормальной к потоку,  $dv$ —потери заряда конденсатора в  $V$ ,  $C$ —его емкость и  $e$ —заряд иона, то

$$C dv = Dne, \quad (2)$$

откуда м. б. определено и  $n$ . Непосредственные наблюдения дали в среднем для обыкновенных ионов:

	$n'$	$n''$	$n':n''$
Для наблюдений на земной поверхности . . . . .	737	668	1,23
Для наблюдений над морем . . . . .	736	558	1,28

Хотя отдельные наблюдения отличаются от этих величин ( $n'$  и  $n''$  могут доходить до 1 000 и более), все же средние числа довольно устойчивы, так же как и электрополярность атмосферы (т. е. превышение количества положительных ионов над числом отрицательных ионов). Количество тяжелых ионов может значительно превышать эти числа, в особенности у земной поверхности. С увеличением высоты число ионов возрастает; для  $H = 2\ 000 - 3\ 000$  м находим:  $n'$  и  $n''$  равны 2 000—3 000.

Характерным свойством ионов является их подвижность; для обыкновенных ионов она равна  $1,5 \text{ см/сек} : V/\text{см}$ , причем отрицательные ионы несколько более подвижны:  $v':v'' = 1,1$ ; тяжелые ионы обладают подвижностью в 1 000—3 000 раз меньшей.

Ионосодержание атмосферы является геофизич. элементом, т. е. имеет определенное географич. распределение и вариация в течение года и суток и зависит от других элементов. Годовой и суточный ход И. атмо-

сферного воздуха подобен ходу И. почвенного воздуха; из геофизич. элементов наибольшее влияние оказывает относительная влажность, понижающая количество ионов и их подвижность.

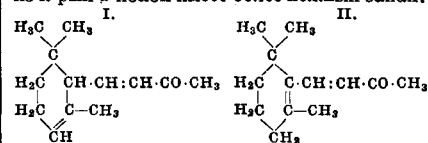
Из практич. приложений учения об И. атмосферного воздуха упомянем о его приложениях в деле разведки полезных ископаемых и в сел. хозяйстве. Так как одной из причин И. атмосферного воздуха является влияние радиоэлементов земной поверхности, то это открывает возможность исследовать при помощи полевых измерений И. распределение радиоэлементов в геологич. и разведочных целях. Применяемые методы основаны на измерении ионизационного эффекта: 1) всех излучений ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -) от радиоэлементов земной поверхности в атмосфере; 2) тех же излучений внутри камеры с открытым дном, помещенной на поверхности почвы; 3)  $\gamma$ -излучений при помощи  $\gamma$ -электрометра. Работы этими методами установили факт повышенной И. и ионообразования на участках, богатых радиоэлементами. Те же явления обнаружены в связи с тектонич. линиями (разломами, сбросами), зонами трещиноватости, усиленным метаморфозом, петрографическим составом пород и т. д. Измерения в шахтах, шурфах, разведочных канавах и пр. дают еще более резкие указания на присутствие радиоактивных пород. У нас подобные работы производятся Геологическим комитетом.

И. в атмосфере (в радиотехническом отношении), особенно в верхних слоях ее, определяет в значительной степени законы распространения электромагнитн. волн (коротких и средних); подробности см. *Электромагнитные волны, Беспроволочная связь*.

Лит.: Ободенский В. Атмосферное электричество, СПб, 1912; Mathias E., *Traité d'électricité atmosphérique et tellurique*, P., 1924; Kähler K., *Luftelektrizität*, B., 1924; Ambrose R., *Methoden d. ang. Geophysik*, Dresden-Lpz., 1926; *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, Baltimore, E. B. Magraw.

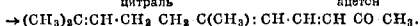
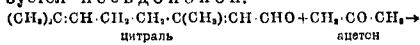
**ИСНИЙ**,  $\text{Io}$ , ат. в. 230, ат. номер 90, радиоактивный элемент, изотоп тория. Был открыт Б. Болтувдом в 1907 г. из урановых минералов. И., будучи изотопом тория, обладает одинаковыми с ним химическими свойствами; отсюда—трудность выделения И. в чистом виде. См. *Опр. ТЭ*, т. II, ст. «Радиоактивность».

**ИОНН**, циклоцитриденацетон,  $\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}$ , одно из самых распространенных синтетических душистых веществ, обладает в концентрированном виде запахом кедрового дерева, а при сильном разбавлении—запахом фиалкового корня и фиалки. В продажу поступает или в виде смеси обоих существующих изомеров— $\alpha$ -иона (I) и  $\beta$ -иона (II) или в виде отдельн. изомеров, из к-рых  $\alpha$ -ион имеет более нежный запах.



Получается ионн конденсацией цитрала с ацетоном в присутствии едких щелочей,

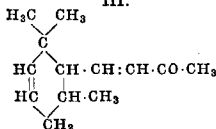
гидрата окиси бария, металлическ. натрия, амида натрия и т. п., причем сначала образуется псевдоион:



Псевдоион при действии к-т превращается в И., причем серная к-та вызывает преимущественное образование  $\beta$ -иона, тогда как действие фосфорной или муравьиной кислоты достигается преобладание  $\alpha$ -изомера. Разделение изомеров, обладающих очень сходными свойствами, осуществляется на основании различной растворимости бисульфитного соединения в насыщенном растворе поваренной соли или на более легкой расщепляемости бисульфитного соединения  $\beta$ -иона. При замене ацетона метилэтилкетонном или метилпропилкетонном получают соответственно метилион и этилион. Другой путь получения И. и его гомологов состоит в получении сначала циклопентриала, а затем в конденсации последнего с перечисленными выше кетонами.

В природных продуктах И. не встречается, но в эфирном масле, получаемом из корневища *Iris pallida*, содержится изомерный ему продукт  $\beta$ -ион (III), выделяемый из этого масла разгонкой в вакууме и очищаемый путем перевода в оксим или фенилгидразон. Синтез ирона осуществлен в лабораторном масштабе, но промышленного значения не имеет. Изомерный  $\beta$ -иону  $\alpha$ -ион обладает таким же запахом, как И. и  $\beta$ -ион, и может быть получен из циклопентриала и ацетона при действии этилата натрия.

## III.



И. и  $\beta$ -ион находят широкое применение в мыловаренном и парфюмерном производстве как основа для отдушек типа фиалки. В продаже И. встречается под различными наименованиями: иральдени, виодорон, нонардон, иридия и т. п. Потребность союзной промышленности в 1932/33 г., согласно пятилетнему плану, определяется: ок. 5 000 кг И., ок. 7 500 кг метилинона; развитие внутреннего производства находится в зависимости от сырьевой базы, т. е. от производства эфирных масел, богатых цитралем. Благоприятные перспективы в этом отношении имеются в виде удачных опытов культуры лимонного сорго, лимонной вербены, молдавской мяты и других растений. Б. Рутковский.

Лит.: см. Душистые вещества.

**ИОНЫ**, атомы (а т о м и о н ы) или соединения нескольких атомов, в которых общее число электронов больше или меньше суммы положительных зарядов ядер. И., из которых построены твердые вещества, или И. в растворах могут существовать неопределенно долго; газовые И. при обычных условиях быстро приобретают недостаточные электроны и молекулы (см. Ионизация).

Свойства И. характеризуются 1) знаком и величиной их заряда, 2) их строением, т. е.

расположением электронов, особенно внешних, 3) их размером, измеряемым радиусом внешней электронной оболочки, и 4) прочностью этой оболочки (деформируемость И.). Легче всего образуются И., внешняя электронная оболочка к-рых является наиболее устойчивой (напр. соответствует оболочке благородных газов) И., образующие кристаллы и встречающиеся в растворах, принадлежат б. ч. к этому типу (напр. Na<sup>+</sup>, Ba<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, S<sup>-</sup> и т. д.), хотя встречаются и т. н. переходные И., внешние оболочки к-рых могут содержать от 9 до 17 электронов, способные переходить в И. другого типа (напр. Cu<sup>+</sup>, Fe<sup>++</sup> и т. д.). При действии сильных агентов (высокая  $\nu$ , излучение большой частоты, электроны большой скорости) образуются И. любой значности, включительно до голых ядер. Химич. и физич. свойства И. резко отличаются от свойств нейтральных атомов, имитируя в некоторых отношениях свойства атомов, имеющих такую же внешнюю электронную оболочку (например K<sup>+</sup> напоминает Ag, F<sup>-</sup>—Ne).

Взаимодействие И. в кристаллах прежде всего зависит от числа зарядов и размеров И., а затем от строения электронной оболочки, так как отталкивательные силы, действующие между И., являются результатом взаимодействия их оболочек. Цветность И. связывают с одной стороны, с деформируемостью ионных оболочек, а с другой—с образованием соединений И. с молекулами растворителя (например Cu с H<sub>2</sub>O и с NH<sub>3</sub>). Действия, производимые ионами на молекулы неэлектролитов, сводятся также почти исключительно к действию их электрич. поля и поэтому зависят прежде всего от величины их заряда и радиуса. В разведенных растворах мерой силы этого поля служит, как показали Льюис и Дебай, и о н п а я с и л а  $\Gamma$ —сумма произведений из молярн. концентраций на квадрат валентности соответствующего И.; напр. для 0,1-молярного раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  $\Gamma = 0,2 \times 1 + 0,1 \times 4 = 0,6$ . Так наз. действие нейтральных солей теоретически объясняется действием электростатич. поля И. (теория высаливания Дебая, теория влияния солей на катализ Христиансена и т. д.). Насколько вообще мощно действие этого поля, показывают вычисления Пивкии, по которым молекулы воды вблизи И. находятся под давлением 50 000 atm.

В растворах И. поляризуют и притягивают молекулы растворителя, образуя оболочки перемен. состава (см. Сольватация); благодаря поляризации и связанной с ней ориентации молекул растворителя, свойства растворов электролитов (теплоемкость, диэлектрическая постоянная) резко отличаются от свойств растворителя и далеки от аддитивности. Простые атомы как общее правило могут существовать гл. обр. только в растворителях с большими диэлектрич. постоянными, сильно ослабляющими взаимодействие между И. В растворителях с малыми диэлектрическими постоянными растворяются преимущественно электролиты, дающие комплексные И. Комплексы образуются иногда из И. растворяющегося вещества, иногда же в их образовании принимают участие и растворитель. Для веществ с малыми ди-

электрич. постоянными характерно также образование комплексных И. при прибавлении неэлектролитов; напр.  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{OBr}_2$  дает проводящую систему при смешении с хлороформом. Внешним признаком образования комплексных И. служит аномальный ход кривой «молярная электропроводность—разведение», дающей максимум в области концентрированных растворов и проходящей через минимум электропроводности при дальнейшем разведении.

Лит.: Семеновичко В., Молекул. силы и их электрич. природа, гл. 6, § 7, М., 1929; Handbuch d. Physik, hrsg. von H. Geiger und K. Schell, V. 24, Kap. 6, § 466, В., 1927. В. Семеновичко.

**ИПРИТ**, горючий газ, военный термин, который обозначает  $\beta\beta'$ -дихлордизетилсульфид или ди-(2-хлорэтил)-сульфид,  $\text{S}(\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl})_2$ , боевое отравляющее вещество (О. В.), сыгравшее значительную роль в войне 1914—18 гг. Это соединение в нечистом виде впервые получено и описано в 1860 г. (Ниман, Гутри); индивидуализировано и ближе изучено в 1886 г. (В. Мейер и Н. Д. Зелинский); в войне применено впервые германцами (июль 1917 г.) в боях под Ипром, откуда и произошло название И. (Ypérite). В послевоенное время И. и его производные были всесторонне изучены целым рядом исследователей.

**Физические свойства.** Чистый И.—бесцветная жидкость или кристаллы с неприятным, но не резким запахом;  $t_{\text{пл.}} 14^\circ$ ;  $t_{\text{кип.}} 217^\circ$  (760 мм), с частичным разложением;  $t_{\text{кип.}} 117^\circ$  (26 мм),  $103\text{—}105^\circ$  (16 мм),  $97^\circ$  (10 мм). Удельн. вес  $D_4^{20} = 1,338$  (тверд.),  $D_{15} = 1,280$  (жидк.). Упругость пара при  $20^\circ$  равна  $0,065$  мм рт. ст.; концентрация насыщенного пара равна  $0,6\text{—}0,7$  мг/л ( $20^\circ$ ); вес 1 л пара равен  $7,1$  г; плотность пара (по воздуху)  $\Delta = 5,5$ . Вязкость  $\eta_{15} = 4,85$ . Растворимость в воде  $0,05\%$  ( $0,48$  г/л); легко растворим во всех обычных органич. растворителях. Хорошо растворяет кристаллич. серу (при  $100^\circ$ —до  $20\%$ ). Технич. И.—желтое или бурое масло с чесночным или горчичным запахом, начинающее затвердевать с  $+10^\circ$  и ниже; уд. в.  $1,3\text{—}1,4$ . Такой И. содержит свободную серу (в виде «псевдораствора» или непрочного химич. соединения), полисульфиды, продукты дальнейшего хлорирования и т. д.; свободные  $\text{HCl}$  и  $\text{S}_2\text{Cl}_2$  допускаются лишь в следах. Сера может быть удалена продолжительным нагреванием ( $100^\circ$ ), причем она выпадает в кристаллическом состоянии; при длительном хранении технический иприт постепенно густеет от выделения аморфной серы.

**Химические свойства.** И. представляет собою хлорозамещенный тиоэфир с двумя атомами Cl в  $\beta$ -положении по отношению к атому S; это—весьма устойчивое вещество с нейтральной реакцией; на металлы при обыкновенной  $t^\circ$  не действует; при  $100^\circ$  начинает реагировать только с оловом. Способен к реакции гидролиза, но водю и углекислыми щелочами гидролизуетса крайне медленно; быстрее действует едкие щелочи при нагревании. Продукты гидролиза: тиодигликоль ( $\beta\beta'$ -диоксидизетилсульфид)  $\text{S}(\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{OH})_2$  и соляная к-та или ее соль. При нагревании с едкой щелочью в спиртовом растворе И. быстро разлагается с обра-

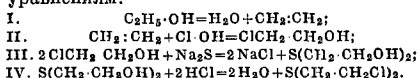
зованием летучего, неустойчивого дивинилсульфида  $\text{S}(\text{CH}:\text{CH}_2)_2$ . При действии хлора или хлористых соединений серы И. подвергается дальнейшему хлорированию, образуя ряд хлорозамещенных сульфидов, предельных и непредельных. Хлорн. известъ напело разрушает И. (сухая—со вспышкой), образуя хлороформ, хлораль,  $\text{CO}_2$  и ряд высших хлоропроизводных. При действии брома на иприт получаются продукты присоединения; свободный иод на иприт не действует. Энергичные окислители ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , озон) переводят И. в  $\beta\beta'$ -дихлордизетилсульфоксид  $\text{S}(\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl})_2$ ,  $t_{\text{пл.}} 110^\circ$ , и далее—в  $\beta\beta'$ -дихлордизетилсульфон  $\text{SO}_2(\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl})_2$ ,  $t_{\text{пл.}} 56^\circ$ ; при дальнейшем окислении получается  $\beta$ -хлорэтансульфоновая кислота  $\text{ClCH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{SO}_3\text{H}$  и продукты ее распада. Галоид в И. обладает малой подвижностью; атом Cl при действии соответствующих солей может обмениваться на Br, J и CNS. Отнять два Cl и замкнуть молекулу иприта в 5-членное кольцо не удалось. 6-членные гетероциклы образуются с большей легкостью: из И. и  $\text{Na}_2\text{S}$  получается 1, 4-дизетилendisульфид  $\text{S}(\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2)_2\text{S}$ ,  $t_{\text{пл.}} 111^\circ$  (содержит как примесь в техническом И.); из иприта и  $\text{NH}_3$ —1,4-тиазан  $\text{S}(\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2)_2\text{NH}$ ; из И. и динатрмалоновой эфира—эфир пентифоен-уу-дикарбоновой кислоты  $\text{S}(\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2)_2\text{C}(\text{COOR})_2$  и т. д.

**Токсические свойства.** И. обладает высокой общей ядовитостью и резко выраженным местным действием на все ткани и органы тела, с к-рыми он приходит в соприкосновение. Особенно важной в боевом отношении оказалась способность И. поражать кожу (т. н. «нарвьяное действие»), вызывая на ней сначала красноту, затем пузыри и язвы, очень медленно заживающие. Для И. характерны: а) замедленность токсич. эффекта, к-рый проявляется лишь через 4—12 ч. и более после воздействия О. В.; б) способность отдельных малых доз И. как бы накапливаться в организме («кумуляция»), вследствие чего даже ничтожные концентрации этого О. В. опасны, и в) длительность заболевания. Концентрации паров И. от  $0,0005$  мг/л вызывают воспаление глаз; выше  $0,002$  мг/л—поражают кожу; концентрация  $0,1$  мг/л при экспозиции в 15 мин. смертельна. Смертельная доза—12 мг. Туман и капли жидкого И. поражают наиболее сильно; И. чрезвычайно легко переносится на кожу через зараженные предметы и почву. Из производных И. аналогичным кожным действием обладает сульфон, а также бромистый и иодистый аналоги. При нарушении типовой структуры (2 атома галоида в  $\beta$ -положении к S) токсичность резко уменьшается, а кожное действие почти или вовсе исчезает.

**Производство** И. велось в 1917—1918 гг. двумя различными путями.

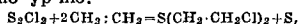
1. В Германии применялся процесс, в основу которого был положен синтез В. Мейера. Исходным материалом служил винный спирт; из него каталитич. разложением получался этилен (I). Последний в смеси с  $\text{CO}_2$

пропускался в холодный раствор хлорной кислоты; т. о. получали монохлоридриды этиленгликоля (II) в виде 10%-ного раствора. Этот раствор, отфильтрованный от  $\text{CaCO}_3$  и сконцентрированный в вакууме до 20%-ной концентрации, обрабатывался твердым сернистым натрием при 90—100° для превращения в тиодигликоль (III); продукт гсущался выпариванием и отфильтровывался от выпавшей соли. Последняя операция (IV)—обработка тиодигликоля струей газообразного HCl при 50° велась в сосудах, выложенных свинцом; только эта фаза производства требует особых предосторожностей со стороны работающих. Готовый И. промывался раствором соды и водой, высушивался в вакууме и переливался прямо в резервуары для хранения. Весь ход процесса соответствует уравнениям:



Метод дает хорошие выходы и очень чистый продукт, но технически сложен и дорог.

2. Другой метод получения основан на прямом синтезе И. из этилена и хлористой соды серы. При пользовании двуххлористой серой  $\text{SCl}_2$  (вариант, предпочтительнейший во Франции) реакция идет теоретически без образования побочных продуктов. На деле однако она мало удобна, так как требует применения растворителя (четыреххлористый углерод или хлорбензол), тщательного охлаждения и дает продукт с плохими выходами, сильно загрязненный неокисными примесями (высшими хлоридами). Реакция с однохлористой серой ( $\text{S}_2\text{Cl}_2$ ) идет по ур-ию:



причем половина всей серы должна выделяться в свободном виде. Если процесс вести при 55—60° (Поп и Гибсон), то большая часть свободной серы выпадает в аморфном состоянии, засоряя аппаратуру. Этот мало удобный вариант применялся в Англии; к  $\text{S}_2\text{Cl}_2$  добавлялось 5% готового И., реакционная смесь энергично перемешивалась; выход И. (по  $\text{S}_2\text{Cl}_2$ ) достигал 80%. В другом варианте (Грин и Левинштейн)  $t^\circ$  процесса понижена до 30—35°; избыточная сера при этом почти не выпадает, оставаясь в готовом продукте в количестве 15—18%. Выход И. равен 81—84%. Способ Левинштейна оказался наиболее рентабельным, хотя и дает наименее чистый иприт (с 25—30% бесполезных примесей); он был принят в Англии и в США и сохранился повидному до настоящего времени. За период 1917—18 гг. было изготовлено И. в т: Германией 9 000, Францией 2 000, Англией 650, США 700, а всего около 12 350 т.

Применение И. ограничено исключительно областью химии, борьбы, где он до настоящего времени остается одним из важнейших и наиболее действительных О. В. В период 1917—18 гг. И. применялся гл. обр. в артиллерийских снарядах (герм. снаряды марки «Желтый крест»); в будущем возможно кроме того широкое применение его в авиабомбах и в различных заражающих ап-

паратах, возимых по земле или установленных на самолетах. Снаряды наполнялись обычно смесью технич. И. с 20—30% растворителя; последний служил для повышения летучести, понижения  $t^\circ_{\text{пл}}$  и для маскировки запаха И. В качестве растворителей применялись: четыреххлористый углерод  $\text{CCl}_4$ , нитробензол  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ , хлорбензол  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ , хлористый бензил  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$ , хлорпикрин  $\text{CCl}_3\text{NO}_2$  и другие вещества. Как весьма стойкое О. в иприт особенно пригоден для заражения участков местности на срок от нескольких часов до нескольких недель, в зависимости от времени года и характера местности. Боевая плотность заражения—10 г и более на  $\text{м}^2$  почвы.

Определение И. с помощью характерных химическ. реакций затруднено вследствие того, что он мало реактиспособен. Из всех реактивов, предложенных для распознавания И., пока единственно пригодным является реактив Гриньяра: раствор 10 г кристаллич. иодистого натрия ( $\text{NaI} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) в 100  $\text{см}^3$  воды, с прибавлением 1  $\text{см}^3$  7,5%-ного раствора медного купороса ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) и 1  $\text{см}^3$  35%-ного раствора гуммиарабика. Реакция основана на образовании мути вследствие выпадения неустойчивого  $\beta\beta'$ -диодидиэтилсульфида  $\text{S}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I})_2$ ; она специфична и годна для определения И. в водных растворах и вытяжках (при концентрации не ниже 0,1 г/л); она обнаруживает паров И. в воздухе чувствительность реактива недостаточна. Аналогичная реакция (с крепкой иодистоводородной к-той) предложена Гриньяром для количественного определения дихлордиэтилсульфида в технич. иприте.

Средства защиты. Пары И. энергично адсорбируются активированным углем; туман расплынного жидкого И. задерживается особыми механ. фильтрами, имеющимися в современных противогазах. Защита кожи (на определенный ограниченный срок) достигается ношением масок, обуви, перчаток и костюмов из непроницаемого для И. материала. И. в капельно-жидком состоянии обезвреживается действием хлорной кислоты, гипохлоритов, перманганата, азотной к-ты и других окисляющих средств. Если нейтрализация И. химич. средствами невозможна, применяется смывание его поддождям растворителем (бензин, керосин) или выжигание огнем; подробнее см. *Деаэрация*. Те же растворители удобны для удаления И. с кожи человека (в первые 1—2 минуты после попадания). Для ослабления кожных поражений рекомендовалась обработка свежепораженных мест «хлорамином Т» (толуол- $\alpha$ -хлораминсульфоновокислый натрий  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{Na} \cdot \text{NCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) и жидкостью Дакена (водный раствор равных количеств гипохлорита натрия и борной к-ты).

Лит.: Meyer V., «B», 1886, В. 19, p. 3259; An. P. 142875 и 142879/18; Grignard, Rivat et Scatchard, «A. Ch.», 1921, série 9, t. 15, p. 5 (анализ И.); Pore W. J., «Soc.», 1919, v. 415, p. 402; Pore A. G. H. S. O., ibid., 1920, v. 417/418, p. 274; Davies, ibid., p. 297; Bales, G. I. S. O., Pore W. J., ibid., p. 453; N. A. K., ibid., 1921, v. 419, p. 379; Pore W. J., ibid., p. 396; Bennett M., ibid., p. 418, 1860; Pore W. J., Mann F. G., Vernon, ibid., p. 634; Mann F. G. and Pore W. J., ibid., 1922, v. 421, p. 594 (хлорирование И.); Bennett M., ibid., p. 2139; Bales, Nickelson, ibid., p. 2137 (гидролиз И.), ibid.,

1923, v. 123, p. 2486; Роре W. J., «J. Ch. I», 1919, v. 38, p. 344 (R); 432 (R); Green S. J., *ibidem*, p. 363 (R), 469 (R); Williams, *ibidem*, p. 451 (R); Номберг, «Am. Soc.», 1919, v. 41, p. 1414 (герм. способ получения И.); Сопан А. В., Бартанов Е. В., Ризенгаузен Г. О., *ibid.*, 1920, v. 42, p. 535 (получение И.); Нейрих О. В., а. Рейд Е. Е., *ibid.*, p. 1208—1232 (химич. свойства и производные И.); Уилсон а. о. о. о., *ibidem*, 1922, v. 44, p. 2762 (гидролиз И.); Лавсон а. Д. Уолсон, *ibid.*, 1927, v. 49, p. 3149, 3125 (новые данные о хлорировании И.); Догеруэлл, E. Eng. Спеллер, 1919, v. 38, p. 389; Нотстадт В. О., *ibid.*, 1921 (германский способ производства И.); Вейсиг а. о. о., *ibid.*, 1920, v. 12, p. 1054, 1063 (исследование технич. И.). См. также лит. к эт. *Военные отравляющие вещества*. В. Яковлевский.

**ИРИДИЙ**, Ир, ат. в. 193,1, ат. номер 77, уд. в. D 17.5 22,395, один из наиболее тяжелых металлов; он тверже платины, ковек только при белом калении,  $t_{пл}^{2225^\circ}$ . В сплошной массе И. белого цвета, в мелкодробленном состоянии—черного. И. принадлежит к VIII группе периодич. системы, к триаде тяжелых платиновых металлов (Os, Ir, Pt). И. очень стоек к химич. воздействиям; прокаленный, он почти совсем не растворяется в царской водке. В сплаве с платиной (при содержании не более 20% Ir), золотом и серебром растворяется; И. растворяется также в царской водке в мелкодробленном виде, напр. осажженный муравьиной к-той. Для растворения чистого компактного металла. И. его нагревают с хлористым натрием ниже  $t_{пл}^{2225^\circ}$  последнего в токе неосушенного хлора; при этом образуется  $Na_2IrCl_6$ ; другой способ—сплавление И. с NaOH и селитрой в серебряном тигле; при этом происходит окисление И. до  $Ir_2O_3$ , который затем растворяется в царской водке с образованием  $Na_2IrCl_6$ . В химическ. отношении И. довольно близок к родню. Одним из отличий его от последнего является нерастворимость И. в расплавленном кислотом пиросульфате калия.

С кислородом И. соединяется с большим трудом; его окислы обладают промежуточными (не резко основными и не резко кислотными) свойствами; известны окислы:  $IrO$ ,  $Ir_2O_3$  (черного цвета) и  $IrO_2$  (сине-черного или с металлическ. блеском). Хлористый И.,  $IrCl_3$ —темнозеленого и бурого, хлорный И.,  $IrCl_4$ —черного цвета. Первое соединение более устойчиво;  $IrCl_3$  уже при  $50^\circ$  выделяет хлор; хлористое олово, железный купорос, шавелевая кислота, гидроксиланом восстанавливают его до  $IrCl_3$ . Хлор в  $IrCl_4$  очень подвижен: щелочи реагируют с  $IrCl_4$ , образуя, как и со свободным хлором, соли соляной и хлорноватистой к-т:  $2IrCl_4 + 2NaOH = 2IrCl_3 + NaCl + NaOCl + H_2O$ .

Цинк, а также муравьиная к-та в присутствии уксуснокислого аммония (избыток водородных ионов вреден) восстанавливают  $IrCl_4$  до металла.

И. может вступать также и в анион, образуя соли, например: иридиевой кислоты  $H_2IrO_3$ , иридиевохлористоводородных кислот  $H_2IrCl_5$  и  $H_2IrCl_6$ , иридиевосинеродистоводород. кислоты  $H_2Ir(CN)_6$  и других. Из раствора  $IrCl_3$  хлористый аммоний осаждают темнокрасную аммонийную соль иридиевохлористоводородной кислоты («нашатырный иридий»)  $(NH_4)_2IrCl_6$ , нерастворимую в избытке нашатыря. Эта соль имеет большое значение, так как при прокаливании ее, аналогично процессу, протекающему при

прокаливании соответствующих соединений платины, остается металлический И. Хлористый калий дает с  $IrCl_3$  черно-бурый осадок  $K_2IrCl_6$  (подобно соответствующей платиновой соли), нерастворимый в избытке KCl и спирте и трудно растворимый в воде, тогда как  $K_2IrCl_6$  легко растворяется в воде и в растворе KCl (отличие от Pt, чем и пользуются при разделении Pt и Ir). Вследствие большей устойчивости  $IrCl_3$  сравнительно с  $IrCl_4$  восстановление  $Na_2IrCl_6$  в  $Na_2IrCl_4$  должно протекать очень легко.

Качественные реакции на И. 1) Раствор хлористого И. слегка подщелачивают содой, нагревают до кипения и по охлаждению приливают раствор хлорноватистокислого натрия; получается синий осадок  $Ir(OH)_3$ ; чувствительность—до 0,2% Ir в его сплавах. 2) При прибавлении избытка азотистокислого калия к концентрированному раствору  $(NH_4)_2IrCl_6$  при кипячении выпадает тяжелый светложелтый осадок состава  $3K_2Ir(NO_2)_6 \cdot K_2IrCl_6$ , нерастворимый в холодной воде и разбавленной соляной к-те. 3) Темнобурый раствор  $IrCl_4$  от KJ светлеет до желтого цвета—отличие от  $PtCl_4$  (желтый раствор), к-рый от прибавления иодистого калия бурет; чувствительность—1 часть Ir в 100 частях Pt.

Количественный анализ производится осаждением соли  $(NH_4)_2IrCl_6$  и ее прокаливанием до образования металла.

Разделение металлов платиновой группы и выделение из них И.—см. Платина.

В природе И. встречается как главнейший спутник платины в ее рудках в виде следующих минералов: сьерскит,  $IrOs$  (Урал, Калифорния), невярскаит,  $IrOs$  (Урал, Бразилия и Калифорния), иридияста платина  $PtIr_4$  (Урал, Бразилия), и др.

И. применяется в чистом виде для изготовления тиглей, электродов, термоэлементов (пара—Ir и сплав Ir—Ru—позволяет измерять  $t^\circ$  в пределах 1 600—2 200°), неамагнитующихся катодов. В мелкодробленном состоянии И., подобно платине, обладает каталитическ. свойствами. Продажные сорта платины содержат до 2,5% И., к-рый увеличивает как механическую, так и химическую сопротивляемость платины. Большое применение имеет И. в сплавах. Следует отметить почти не расширяющийся при нагревании, твердый и химически чрезвычайно устойчивый сплав из 10,1% Ir и 89,8—89,9% Pt (Девиль и Дебрей), к-рый идет на изготовление эталонов метрич. мер. Сплав осмий-иридий применяется вследствие твердости и отсутствия магнитных свойств для изготовления остриев морских компасов а также кончиков вечных перьев. Окись И.  $Ir_2O_3$  применяется в живописи по фарфору (дает черный цвет). Головая добыча И. в США в 1916 г. составляла ок. 8 кг. Главные места добычи—Урал и Америка.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, т. 2, 9 изд., М.—Л., 1928; Тредвелл Ф., Курс аналит. химии, т. 1—Качественный анализ, пер. с нем., 4 изд., М.—Л., 1927; Ledide, Palladium, Iridium, Rhodium, Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Frémy, t. 3, P., 1901; Claassen A., Ausgewählte Methoden d. analyt. Chemie, B. 4, p. 312, Leipzig, 1904; М. у. л. у. Д. Г. т. 2, В., 1898, В. 31, p. 3187; Ullm. Enz., Wien—Berlin, 1915—23, В. 6, p. 524. А. Баладин.

**ИРНОЕ ЭФИРНОЕ МАСЛО** получается отгонкой с водяным паром из корневищ *Asotus Salatus L.*, дико произрастающего в руслах многих рек Азии, С. Америки и Европы. Выход масла на европ. 8-дах, в значительной степени являющихся потребителями русского ирного корня, равен 1,5—3,5%, тогда как переработка свежих корневищ, содержащих ок. 70—75% воды, дает выход в 0,8—1,0%. Очистки, получающиеся при приведении в ликвидный для экспорта вид ирного корня, также содержат масло нормального состава. В состав масла входят:  $\alpha$ -пинен, камфен, катанен, каламеон, камфора, эвгенол, аза-риловый альдегид, гептиловая и пальмитиновая к-ты и сесквитерпеновые спирты. Применяется И. э. м. в парфюмерии и при изготовлении ликеров. Производством его в СССР существует в небольшом масштабе на Украине; перспективы экспорта И. э. м. учтены недостаточно.

Лит.: Чернухи и А., Эфирные масла, «Труды Науч. хим.-фарм. института НГУ ВСНХ», Москва, 1928, вып. 19, стр. 199. Б. Угловский.

**ИРРАДИЦИЯ** (в физиологической оптике), один из случаев кажущегося изменения контуров видимого объекта. Сюда относятся явления преувеличения светлых предметов, находящихся на темном фоне, по сравнению с объективно равными им темными предметами на светлом фоне; белая квадрат кажется больше черного квадрата, серп молодого месяца кажется охватывающим остальной, слабо освещенный, диск луны, накаленные волоски лампы кажутся толще ненакаленных, темная нить на фоне яркого пламени кажется тоньше или даже вовсе прерывающейся. Это иллюзорное расширение контуров светлых объектов тем больше, чем ярче объект и чем темнее фон, на к-ром мы его видим. Первоначальное объяснение И. распространением физиологич. возбуждения на места, соседние с прямо раздраженным местом сетчатки (Декарт, Плато), в настоящее время заменяется иным (Кеплер, Гельмгольц), согласно к-рому причиной И. являются круги светорассеяния, всегда получающиеся у нас на сетчатке в силу недостаточной accommodation глаза, явлений дифракции и сферич. и хроматич. aberrации в нем. Поэтому-то эффект И. сказывается тем резче, чем хуже глаз accommodation. В силу наличия кругов светорассеяния иллюзорному преувеличению могут, при известных условиях (напр. очень тонкие черные нити), подвергаться и темные предметы на светлом фоне (т. н. негативная И., наблюдавшаяся Фолькманом).

Лит.: В о i a s s e n., *Vision des formes et des couleurs*, P., 1917; П о i n a n e F., *Die Lehre v. Raum- und d. Augen*, В. 1—2, В., 1920—23, С. Нравков.

**И РАЦИОНАЛЬНЫЕ ЧИСЛА**, числа, которые не м. б. выражены точно ни целыми ни дробными числами; к ним относятся квадратные радикалы из чисел, не являющихся точными квадратами, как  $\sqrt{3}$ , а также и другие несоизмеримые числа, как  $e$ ,  $\pi$ . Для всех приложений достаточно знать приближенное значение И. ч. с нужной степенью точности (см. *Вычисления приближенные*). В противоположность И. ч. рациональным и числам и называются все положительные и отрицательные числа (включая и нудь),

которые могут быть точно выражены целыми или дробными числами.

**ИРРИГАЦИЯ**, отрасль с.-х. гидротехники, занимающаяся вопросами искусственного доставления влаги в почву для более успешного выращивания культурных растений. Действие воды в этом случае сводится 1) к увлажнению почвы; 2) к удобрению (т. к. вода несет с собою в почву растворенные в ней вещества); 3) к предохранению почвы и растений от заморозков; 4) к уничтожению вредных свойств почвы (напр. болотистой или солончаковой, к-рые содержат вредные для растений растворимые солиды и соли) и наконец 5) к уничтожению вредных животных. Важнейшее из всех этих влияний ирригации—увлажнение.

**Районы ирригации.** Главными районами применения И. являются местности с отрицательным балансом между выпадающей и испаряющейся влагой. В Зап. Европе благодаря влиянию Гольфстрема таких местностей относительно мало. К ним м. б. отнесены только: южная Испания, нек-рые местности южной Франции, Италии и Балканского полу-ва. В европейской части СССР таких местностей узке больше: Нижнее Поволжье, восточная часть Сев. Кавказа, южная часть Украины и Крым. Еще больше мест, нуждающихся в искусственном увлажнении, в Азии: обширные пространства пустыни Гоби с прилегающими к ней частями Китая, ср.-азиатские республики СССР, весь Аравийский полу-в, почти вся Персия, значительная часть Турции и западная часть Индии (Пенджаб). К таким же местностям относятся: вся сев. Африка (Сахара, Алжир, Тунис, Египет), зап. часть юж. Африки, вся ю.-з. Австралия и значительные площади земель в С. и Ю. Америке, расположенные возле Скалистых гор и Кордильеров (фиг. 1).

Искусство И. чрезвычайно древне; оно возникло повидимому одновременно с земледелием. По имеющимся статистическим данным, в различных странах земного шара постоянно орошается свыше 49 млн. га, а именно:

Млн. га		Млн. га	
Индия . . . . .	20	Ява . . . . .	1,2
США . . . . .	8	Испания . . . . .	1,0
СССР . . . . .	3,5	Аргентина . . . . .	0,9
Египет . . . . .	3	Стамбул . . . . .	0,7
Япония . . . . .	2,6	Австралия . . . . .	0,4
Франция . . . . .	2,4	Перу . . . . .	0,3
Италия . . . . .	1,8	Юж. Африка . . . . .	0,3
Мексика . . . . .	1,6	Канада . . . . .	0,26
Чили . . . . .	1,2		

Но сюда не вошли многие страны с широким применением И., не располагающие статистич. данными: Китай, Турция, Персия и др. Поэтому можно принять, что общая площадь орошаемых земель на земном шаре составляет не менее 60—70 млн. га.

Как в стране с резко выраженным континентальным климатом, в СССР ощущается большая потребность в И. Все сельское хозяйство ср.-азиатских республик, производящих такие ценные и необходимые продукты, как хлопок, основано на И., для развития к-рой здесь имеются чрезвычайно благоприятные условия благодаря горному характеру рек, высоким паводкам их в самые жаркие месяцы и богатству их вод питательными наносами. В дореволюционное

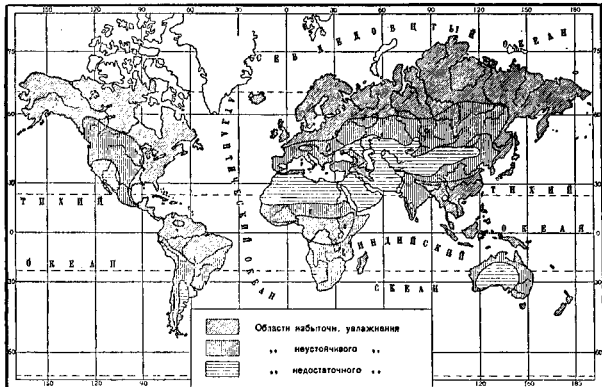
время в Ср. Азии орошалось посевов около 3 743 000 га, из к-рых в 1916 г. ок. 750 000 га было занято под хлопок.

Наибольшее значение в качестве источников оросительной воды имеют реки Ср. Азии: Нарын и Кара-Дарья, образующие вместе

мель, еще более 6 млн. га, пригодных для культуры хлопка. Земли, хотя и непригодные (по климатич. условиям) для культуры хлопка, но требующие И., находятся в низовьях р. Сыр-Дарьи (1 160 000 га) и в особенности по линии Туркестано-Сибирской жел. дор.

В Закавказьи (Азербайджан, Армения и Грузия) общая площадь орошаемых земель составляет (по до-революционным данным) 1 430 000 га, к-рые, за небольшими исключениями, сосредоточены в восточной части (в Азербайджане и Армении). Для орошения этих земель по преимуществу служат притоки рр. Куры и Аракса. Наиболее крупные массивы земель, еще могущих быть орошенными, находятся в Муганской, Мильской и Ширванской степях.

В других частях Союза—в Нижнем Поволжье, на юге Украины и на Сев. Кавказе—также имеются обширные пространства, хотя не столь засушли-



Фиг. 1.

Сыр-Дарью; затем правый приток ее Чирчик и приток Аму-Дарьи—Зеравшан. Из Нарына выведено 13 каналов, из которых Янги-арык, орошающий Наманганский оазис и несущий воды ок. 40 м<sup>3</sup>/сек, имеет в длину до 110 км. Из Кара-Дарьи выведено ок. 50 каналов; из них Шарихан-сай имеет в длину 111 км и несет до 70 м<sup>3</sup>/сек, а Анджиан-сай—6,5 м<sup>3</sup>/сек. Чирчик питает ок. 45 каналов, самые крупные из к-рых: Зах-арык, 77 км длиной, и Боз-су, несущий воды ок. 70 м<sup>3</sup>/сек. Из Зеравшана выведено более 100 каналов; из них Даргом и Нарпай не уступают по многоводности самым большим кара-дарьинским и чирчикским каналам. Много воды для И. дают в Ср. Азии и многочисленные горные реки, стекающие с гор по конусам своих выносов и представляющие благодаря своему большому уклону особые удобства для вывода из них оросительных каналов самотеком. К сожалению, крупнейшие реки Ср. Азии—Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Или, Чу и др.—используются только отчасти, в самом верхнем течении; при выходе же на равнину они вследствие трудности выведения из них каналов остаются совершенно неиспользованными и непроездивительно теряют свои воды на испарение в тех замкнутых озерах, в к-рые онипадают. Исключением в этом отношении отчасти является р. Аму-Дарья, в низовьях к-рой имеется несколько крупных каналов (напр. Палван-ата, Хазават, Шах-абад, Ярмыш и др.), выведенных для орошения Каракалпакского (б. Хивинского) оазиса. Эта река в низовьях течет по возвышенному ложу, образованному ее собственными наносами, что значительно облегчает вывод из нее каналов. При более полном использовании водных источников и применении наиболее совершенных приемов вывода из них воды можно рассчитывать оросить в Ср. Азии, сверх уже орошенных зе-

мели, но все же страдающие периодически от засухи. В этих местностях широко применению И. препятствуют: недостаточность уклона рек, высокое положение страдающих от засухи земель, непригодность климата для ценных культур (хлопок) и высокая урожайность зерновых хлебов в благоприятные годы без всякого орошения. Здесь И. может практиковаться лишь небольшими участками, распределенными среди обширных пространств т. н. сухого земледелия, в целях страхования хозяйств от разорения во время засух (оазисное орошение). Однако и здесь общая сумма площадей таких небольших участков может измеряться млн. га.

В небольших размерах И. применяется еще в горных частях Крыма (орошается ок. 20 000 га главным образом садовых культур) и в Дагестане.

**Схема ирригации.** Воду для И. можно получать как из наземных источников (реки, ручьи, озера, пруды), так и из подземных (ключей, родников, водосборных галлерей и колодцев). Первый род источников находит значительно большее применение. Так, по данным ирригационного обследования 1920 г. в США, из наземных источников орошалось земель 84,5%, из подземных—8,1% и из смешанных—7,4%. Главнейшие наземные источники воды для И.—реки, из к-рых вода в большинстве случаев выводится самотеком. По америк. данным, таким способом орошается около 75% всей орошаемой площади США. Наиболее распространенная схема оросительной системы, получающей воду из реки самотеком, заключается в следующем. От реки, текущей со значительным уклоном, отводится канал с меньшим уклоном, чем река. Канал постепенно отделяется от реки и на некотором расстоянии оказывается занимающим командующее положение над участком земли, расположен-



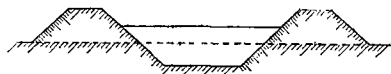


Табл. 1. — Коэффициенты шероховатости русла.

Характер русла	В ф-ле Гангиле-Куттера	В ф-ле Базена (новой)
Земляные русла весьма гладкие . . . . .	0,018—0,020	0,85—1,00
Земляные русла средней шероховатости . . . . .	0,025	1,30
Земляные русла шероховатые . . . . .	0,030	1,50
Земляные русла, засоренные и заросшие растениями . . . . .	0,035	1,75
Земляные русла, агрономические камнями и друг. предметами . . . . .	0,040	2,00
Очень гладкая цементная штукатурка, строганные доски, железные стени . . . . .	0,011	0,68
Цестражные доски, каменная кладка . . . . .	0,015	0,16
Бутовая кладка . . . . .	0,020—0,022	0,48

потерю земли вдоль берегов канала, для склада вынуженого грунта (фиг. 4).

Мероприятия по борьбе с наносами, поступающими из рек в магистральные каналы, представляют одну из главнейших забот строителей ирригационных систем. Мелкие



Фиг. 4.

илистые частицы наносов, имеющие удобрительное значение, не представляют особой опасности, так как могут с большой пользой пропускаться на поля или же извлекаться из каналов и служить для удобрения. Наоборот, крупные наносы, галечниковые и песчаные, могут засорить удобные земли и вызывать большие расходы на их удаление с полей и из каналов. Во избежание таких наносов при головных сооружениях ирригационных систем устраиваются особые промывные приспособления (см. *Головные сооружения*). Очень часто в русле канала, недалеко от его головной части, устраиваются особые песколовки, задерживающие песчаные наносы и сбрасывающие их затем, при открытии соответствующих затворов, в ту же реку, из к-рой выведена была вода. При проектировании магистральных каналов, в особенности небольших, обыкновенно принято для экономии в земляных работах проводить их согласно рельефу местности, постепенно сводя их с горизонтали на горизонталь сообразно уклону. Это очень часто вызывает необходимость придавать трассе каналов большую извилистость и малые радиусы закруглений, что может очень вредно отразиться на вогнутых откосах, размыв к-рых прямо пропорционален скорости течения и обратно пропорционален радиусу кривизны. Для определения безопасных радиусов кривизны  $R$  на поворотах предложен ряд эмпирических ф-л; одна из лучших — ф-ла Девиса ( $R$  в м):

$$R = 11v^2 \sqrt{F} + 12,$$

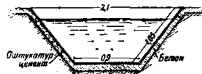
где  $v$  есть средняя скорость воды в м/сек,  $F$  — площадь живого сечения в м<sup>2</sup>; число 12 — постоянная величина, обеспечивающая минимальный радиус в 12 м. В более плотных

грунтах величину радиуса, получаемую из этой формулы, можно несколько уменьшить, и наоборот, для легких и легко размываемых грунтов следует ее увеличить.

Когда при спрямлении канала радиусы закруглений на поворотах оказываются чрезмерно малыми, канал, для обеспечения большей прочности и сокращения длины, проводится местами в выемках и местами в насыпях.

В ирригационной системе, когда она состоит из каналов с земляными руслами, большая часть забираемой воды теряется различными способами, и только 25—35% ее расходуется полезно на питание растений.

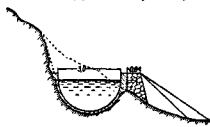
На всем пути от головного сооружения до поля орошения происходит непрерывные потери воды в каналах. Потери на испарение с водной поверхности каналов ничтожны (1—2% общих потерь) и потому редко учитываются. Потери же на фильтрацию через дно и откосы земляных каналов чрезвычайно велики, к тому же они очень опасны, так как способствуют подъему грунтовых вод, заболачиванию и засолению почвы. Лучшим способом предохранения каналов от фильтрации является бетонирование их русла (фиг. 5 и 6), благодаря чему потери уменьшаются на 90%, а равно уменьшаются расходы по очистке каналов от наносов, по удалению из них водных растений, по исправлению оползней и обвалов;



Фиг. 5.

кроме того в бетонированных руслах можно безопасно увеличить скорость течения воды до 3 м/сек и более. Расходы на бетонирование окупаются экономией в земляных работах, так как благодаря увеличению скорости течения воды можно уменьшить площадь поперечного сечения. Толщина слоя бетона, которым одеваются каналы, находится в зависимости главн. обр. от климата. В суровом климате, с морозами до -20°, слой бетона д. б. 0,3 м, в климате же мягком,

когда понижение  $t^{\circ}$  ниже 0° представляет редкое явление, можно ограничиться слоем в 0,1 м. При бетонировании ирригационных каналов необходимо заботиться о хорошем

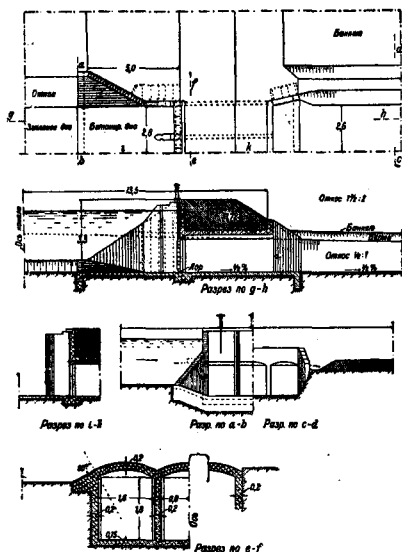


Фиг. 6.

дренаж под бетонной одеждой и об устройстве швов. Бетонирование каналов обыкновенно ведется непосредственно в их русле, путем набивки в форме или путем покрытия из «цемент-пушки»; в нек-рых же случаях бетонная одежда заготавливается отдельно в виде плит или железобетонных полуколец, соединяемых в русле канала цементной смалькой.

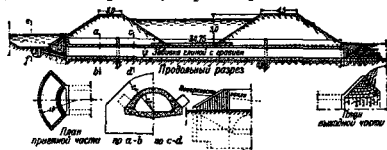
Каждый значительный магистральный канал снабжается по пути его следования целым рядом искусственных сооружений, необходимых для правильной его эксплуатации. Для предотвращения переполнения и, как следствие этого, размыва берегов канал снабжают водосливами, устройством которых заключается в понижении небольшой части

банкета канала, обращенного к реке, до проектного уровня воды и в соответствующем укреплении этого участка бетонной или каменной кладкой. Излишняя вода, попавшая в канал, переливается через такой водостив и по укрепленному руслу уходит обратно в реку. Такие водостивы располагаются обыкновенно непосредственно ниже



Фиг. 7.

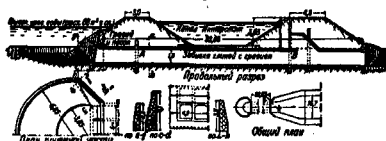
головного сооружения канала, а также перед всеми опасными местами канала, например перед косогорными его профилями, где можно ожидать обвалов и перепруживания канала. Для возможности освобождения магистральных каналов от воды, например с целью ремонта, в нескольких местах, наиболее опасных, располагают водостивы (фиг. 7), т. е. в банкете канала, обращенном к реке, устраивают укрепленные каменной или бетонной кладкой и закрываемые щитами отверстия, через которые вся вода из



Фиг. 8.

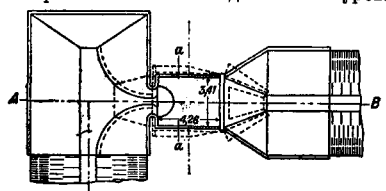
канала может быть выпущена к реке. Для пропуска дождевой или ливневой воды по низинам, пересекаемым магистральными каналами, устраивают т. н. ливневые суски (фиг. 8). Иногда для экономии они соединяются с водостивами (фиг. 9). Когда канал пересекает значительные низины, балки, овраги или же реки, то он переводится

через них при помощи особых сооружений, а в акведуков; расчет и конструкция опорных частей акведуков отвечают общим

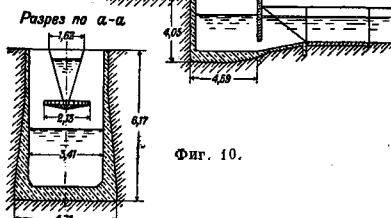


Фиг. 9.

правилам дорожных мостов, верхнее сооружение их представляет собою желоб для пропуска воды канала. Если почему-либо нельзя применить акведука, то устраивают дюкер (см.), или так наз. обратный сифон. Составными частями сифона являются верхний и нижний колодцы, труба и верхний (а часто и в нижнем) колодце снабжаются решетками для улавливания всякого рода плавающих тел. Вода движется по сифону в силу разности отметок горизонтов в верхнем и нижнем колодцах. Небольшие водные потоки, пересекающие магистральный канал приблизительно на одном с ним уровне



Разрез по оси А-В

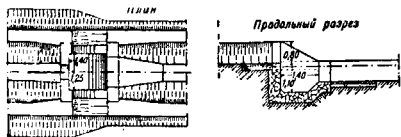


Фиг. 10.

и несущие малое количество наносов, м. б. впущены в канал без большого вреда. Если же поток имеет большие размеры и несет большое количество воды с высокой скоростью, то этого допускать нельзя, т. к. вода, насыщенная наносами, занесет русло канала и вызовет переливание воды через банкеты и размыв их. В таких случаях прибегают к т. н. с ю п е р п а с с а ж а м, которые представляют собою невысокий акведука, по желобу которого проходит вода потока, а под ним—вода канала.

Если уклон русла, определенный расчетом, меньше уклона местности, по которому приходится проводить канал, то в некоторых местах канала устраиваются уступы, или п е р е п а д ы (фиг. 10 и 11). Место перепада

обыкновенно определяют в тех местах, где дно канала при своем продолжении поднимется бы в насыпи выше поверхности земли



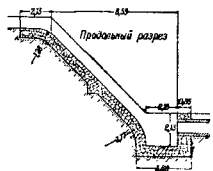
Фиг. 11.

(фиг. 12). Ради экономии перепады стараются приурочить к мосту на большой дороге, регулятору на канале или другому каменному или бетонному сооружению. Высота ступени перепада редко делается выше 4,0—5,0 м. Вместо перепада с большой высотой устраивают многоступенчатый перепад или



Фиг. 12.

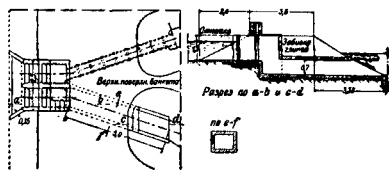
последовательный ряд одноступенчатых перепадов. При незначительных уклонах перепад заменяют быстройкой (фиг. 13), который в виду значительной скорости снабжается в нижнем бьефе водобойным ящиком. Длина быстротоков обычно делается не более 40,0—50,0 м. Перепады и быстротоки на больших каналах теперь часто сопровождаются устройством гидроэлектрических станций.



Фиг. 13.

площади. На оросительных системах туземного типа эти сооружения носят временный характер и по конструкции мало отличаются от головных сооружений тех же магистральных каналов. На системах же инженерного типа они бывают постоянными и снабжаются затворами и щитами, допускающими строго точный раздел и измерение воды (фиг. 14).

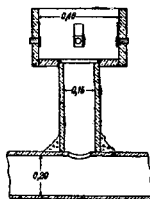
Распределительные каналы по конструкции своей отличаются от магистральных каналов лишь размерами. Они также проводятся большей частью в полуемке и в полунасыпи и снабжаются почти такими же сооружениями, как и магистральные



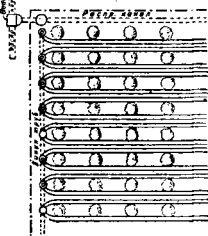
Фиг. 14.

каналы. В виду того что они обыкновенно проходят с большими уклонами, на них особенно часто устраивают перепады.

Оросительные каналы, подводящие воду к отдельным орошаемым участкам, или околоткам, имеют еще меньшие размеры. Их пропускная способность обыкновенно бывает около  $0,03 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Так как вода из них выпускается непосредственно к орошаемым растениям, то их стараются проводить либо в насыпных берегах либо также в полуемке и полунасыпи. Во всяком случае уровень воды в них д. б. выше поверхности земли. Для избежания больших потерь в мелких оросительных каналах их очень часто заменяют в районах интенсивного хозяйства (садоводства) желобами и трубами. Трубы бывают трех родов: бетонные, глиняные и деревянные. Наиболее ходовые размеры труб: 15—30 см diam. при толщине стенок 2,5—4,0 см. Для выпуска воды на поверхность к подземным трубам прикрепляют трубчатые стойки с различными приспособлениями для равномерного распределения воды по оросительным бороздам (фиг. 15 и 16). При закрытии трубы ниже стойки вода поднимается по



Фиг. 15.

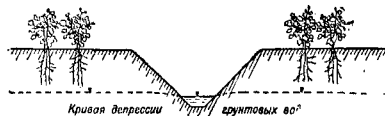


Фиг. 16.

стойке и через отверстия попадает в бороздки. Бетонные трубы не выдерживают напора воды более 3—5 м. Если же требуется несколько больший напор, то применяют глазурованные глиняные трубы. В некоторых американских садах водоснабжение устраивается при помощи деревянных труб, собранных из отдельных клепок и стянутых железными обручами.

Каналы в водоотводной (водосборной) сети, в отличие от каналов сети распределительно-оросительной, располагаются обыкновенно в наиболее пониженных местах оро-

шаемой площади и устраиваются исключительно в выемке (фиг. 17), для того чтобы они могли собрать излишние и фильтровальные воды и отводить их с орошаемых площадей. Расчет каналов водосточной сети зависит от количества воды, отводимой с орошаемых площадей; последнее в свою очередь зависит от многих причин: от оросительных норм принятых водооборотов, проницаемости дна и откосов, проницаемости почв и подпочв,



Фиг. 17.

уклонов и пр., и обыкновенно определяется опытом. В среднем расход воды водосточной сети для систем средней интенсивности может составить около 25% от расхода оросительной сети.

**Потребность в воде.** Состав культур на орошаемых площадях находится в полной зависимости от климата местности. На орошаемых землях наиболее теплых районов Ср. Азии и Закавказья основными культурами являются хлопок, рис, люцерна, фруктовые деревья (до миндаля включительно), виноград и зерновые хлеба (пшеница, ячмень, просо, овес, джугара и др.); из них в северных районах Ср. Азии постепенно выпадают: хлопок, рис, виноград, более требовательные сорта фруктов, и на первое место становятся: зерновые хлеба, люцерна, сахарная свекла, кенaf, менее требовательные к теплу фруктовые деревья (яблоки, груши, сливы, вишни и пр.), огородные овощи и бахчевые растения (арбузы, дыни). В засушливых местностях Заволжья основными культурами ирригационных систем м. б.: картофель, люцерна, сахарная свекла, кенaf, огородные овощи, фрукты (яблоки) и зерновые хлеба. Потребности тех или иных культур в оросительной воде определяются прежде всего индивидуальными особенностями растений, а затем местными природными условиями. Теоретически установить потребности отдельных культур в оросительной воде невозможно, и при определении количества воды, потребной для орошения, необходимо обращаться к экспериментам, культивируя растения в особых сосудах или же на особых поливных площадках и производя измерения вводимой воды.

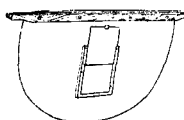
Из растений, культивируемых на оросительных системах, менее всего воды требуют зерновые хлеба, хотя орошение отражается очень благоприятно на их росте, обеспечивая постоянные и обильные урожаи. Орошать зерновые хлеба следует 2—3 раза в лето. Если почва очень суха, первый полив делается еще до посева; если же почва достаточно влажна, первый полив откладывается до начала кущения. Второй или третий поливы даются в периоды цветения или начала плодоношения. Количество воды, применяемой при орошении зерновых хлебов, зависит от климата и свойств почвы. В жарких местностях и при легких, хорошо

дренируемых почвах применяется воды за один полив до 6 000 м<sup>3</sup>/га. Напротив, в более холодном климате и при тяжелых почвах это количество понижается до 2 000 м<sup>3</sup>/га и ниже. На втором месте по потребности в оросительной воде стоят всякого рода пропашные растения — хлопок, сахарная свекла, картофель, кукуруза, сорго и др. Хлопок в Ср. Азии, по данным опытных станций, должен поливаться ок. 4 раз в лето, с расходом воды от 4 000 до 6 000 м<sup>3</sup>/га, причем наибольшее количество воды дается во время цветения. Сахарная свекла орошается 2—4 раза, и за каждый раз тратится 1 000—1 500 м<sup>3</sup>/га воды. Картофель также орошается 2—4 раза, и одно из этих орошений дается перед посевом. Общее количество воды для орошения картофеля составляет за все лето 3 000—6 500 м<sup>3</sup>/га. Почти такого же орошения, как и пропашные растения, требуют правильно содержимые фруктовые сады, особенно если их междурядья содержатся в состоянии черного пара. В садовых районах Крыма в незасушливые годы деревья поливают 3—4 раза, а в засушливые 6—7 раз. При очень влажном лете и для садов, расположенных в низменных местах, ограничиваются 2—3 поливами. Первый полив производится вслед за цветением деревьев — в конце апреля или в мае, второй дается в июне, третий в июле, четвертый в августе. Последний полив делается не позже середины сентября. На каждое дерево дается до 6 м<sup>3</sup> воды, а на очень плотных почвах — около 3,5 м<sup>3</sup>. При 130 деревьях на га это составляет от 500 до 800 м<sup>3</sup>, а за все лето — 1 500—6 000 м<sup>3</sup>. На третьем месте по потребности в оросительной воде стоит люцерна, культура которой наиболее развита на ирригационных системах вследствие ее высокой рентабельности, занимающей оросительную воду. Люцерну поливают один раз весной, и потом после каждого укоса, к-рых в Нижне-Волжском крае бывает 2, а в наиболее теплых местах Ср. Азии — до 5. При средних условиях, на 1 га люцернового посева следует давать за все лето 6 000—8 000 м<sup>3</sup> воды, в зависимости от числа укосов. На четвертом месте стоят огородные овощи, к-рые д. б. постоянно в зеленом состоянии. Огороды в засушливых местностях приходится орошать очень часто — каждые 10 дней и даже каждую неделю. Общее количество воды для них достигает 10 000 м<sup>3</sup>/га и более, но при каждом поливе, вследствие тщательности разделки площади, ее тратится относительно немного: 700—1 000 м<sup>3</sup>/га. Более всего воды для орошения требует рис, к-рый от посева и почти до созревания должен находиться в воде. Он разводится на ирригационных системах Ср. Азии приблизительно до 44° сев. широты и примерно до той же широты может разводиться и на Кавказе. Для орошения риса требуется воды до 30 000—40 000 м<sup>3</sup>/га. Надо иметь в виду, что с рисовых полей стекает от 1/3 до 1/2 напускаемой на них воды. Эта сточная вода м. б. ниже вновь применена для орошения.

**Подготовка почвы.** Если под искусственное орошение поступает совершенно дикое земли, никогда ранее не обработавшейся, то они д. б. предварительно подвергнуты соответствующей подготовке, заключающейся

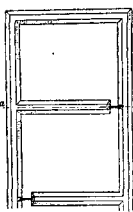
в удалении дикой растительности и выравнивании их. В местности, покрытой травой или небольшими кустами, такая растительность легко удаляется при вспашке; напротив, когда степь покрыта зарослями крупных кустарников, удаление дикой растительности требует специальных приспособлений и обходится дорого. На ирригационных системах СССР кустарники выкорчевываются обыкновенно при помощи ручного труда, в Америке же применяют особые волокуши, устраиваемые из обыкновенного ж.-д. рельса, в к-рый впрягается по паре лошадей с каждой стороны. Рельс этот протаскивается преимущественно зимою, когда земля замерзнет, через заросли несколько раз в противоположных направлениях и выламывает кустарник; последний собирают в кучи и сжигают, корни же выпахиваются тяжелыми плугами.

**Способы полива.** Способы полива (непосредственного орошения) м. б. разделены на 2 группы: орошение путем разлива воды по поверхности почвы (орошение затоплением) и орошение путем подвода воды к корням растений снизу и с боков (орошение инфильтрацией). К первой группе относятся



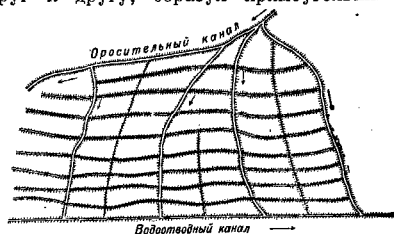
Фиг. 18.

идущего вдоль верхнего края поля, и стекает при помощи шлюзового затвора в расположенную ниже полосу. При этом способе вода распределяется гораздо более равномерно, труда от поливщика требуется меньше и урожаи получаются более равномерные. Этот способ практикуется главным образом в США для орошения зерновых хлебов и люцерны на легких открытых почвах, но здесь требуются относительно большие потоки (количества) воды — от 0,05 до 0,2 м<sup>3</sup>/сек.



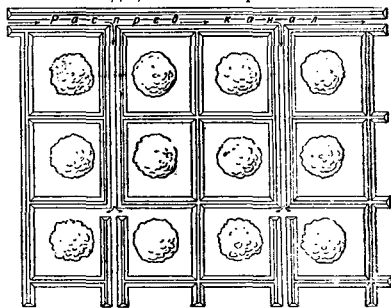
Фиг. 20.

Еще более совершенным способом полива является способ по лощадам, или «чеквам» (checks). Поле разбивается при этом на ряд горизонтальных небольших участков, отделенных один от другого низкими валиками. В участки напускается вода и стоит в них, пока не напитает достаточно почву. Валики располагаются двойю: или под прямым углом друг к другу, образуя прямоугольники



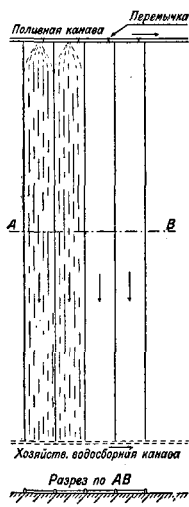
Фиг. 21.

(фиг. 20), или же по горизонталям местности, образуя площадки неправильной формы (фиг. 21). Этому способу наиболее благоприятствует легкая песчаная почва с равномерным уклоном в 0,0002—0,0006 на единицу длины, при обеспеченном притоке оросительной воды, хотя он применяется и на



Фиг. 22.

более тяжелых почвах, когда нужно продерживать воду дольше, чтобы обеспечить достаточное всасывание. В США таким способом орошаются зерновые хлеба, люцерна и рис, тогда как в Ср. Азии и Закавказьи—



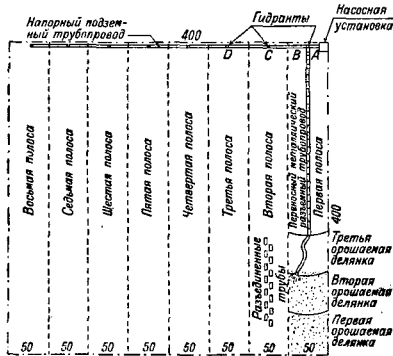
Фиг. 19.

следить за правильным распределением струй. Этим способом поливают в гористых местностях зерновые хлеба и люцерновые посевы.

Более совершенным способом полива является способ полос, на к-рые разделяется орошаемое поле (фиг. 19). Полосы отделяются друг от друга невысокими валиками и выравниваются т. о., чтобы они имели небольшую продольный уклон и были горизонтальны в поперечном направлении. Вода напускается в каждую полосу из канала,

почты исключительно рисовые посевы. В несколько измененном виде полив площадками применяют для орошения фруктовых садов и огородов. Деревья располагаются строго по квадратам, и ок. каждого дерева устраивается площадка или бассейн (фиг. 22). Вода из канала протекает по валуку между двумя рядами бассейнов, поочередно, по парам, запускается в них и держится до тех пор, пока не напитаются в достаточной степени корни деревьев. По окончании полива, когда почва несколько подсохнет, поверхность бассейнов разрыхляется во избежание обратного поднятия влаги кверху по капиллярам и испарения ее. Способ площадок широко применяется в Калифорнии, главным образом для орошения земляники (клубники), цветов и некоторых овощей.

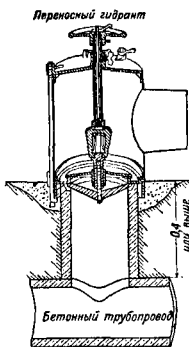
Очень часто полив культур производится при помощи разъемных переносных металлических труб или парусиновых шлангов, по которым вода доставляется непосредственно к поливаемым местам поля. Орошаемая площадка разбивается при этом на полосы 30—50 м шириной и длиной не более 400 м. Полосы поливаются частями, и после окончания полива части полосы трубы снимаются, производится полив следующей части полосы, а освобожденные трубы переносятся на соседнюю полосу (фиг. 23). При этом способе не только уничтожаются потери в поливной сети, но и потери на полях достигают минимума, т. к. вода доставляется непосредственно к увлажняемому месту поля. Для получения равномерного увлажнения желательна предварительная подготовка поверхности поля в виде тщательной планировки. Гидранты, соединяющие подземные напорные трубы с трубами, расположенными на поверхности поля, обыкновенно представляют собою кусок бетонной трубы, поставленной вертикально и соединенной на цементном растворе с подземной трубой



Фиг. 23.

(фиг. 24); с верхней стороны к этой трубе прикреплено колено из железной оцинкованной трубы, к к-рому присоединяется парусиновая кияшка, передающая воду в переносные трубы. Когда орошение из данного гидранта не производится, он закрывается деревянной пробкой. Разъемные переносные

трубы диаметром 30—40 см делаются обычно из оцинкованного железа и состоят из



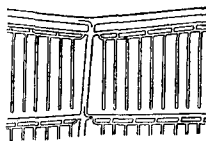
Фиг. 24.

трубы диаметром 30—40 см делаются обычно из оцинкованного железа и состоят из отдельных звеньев длиной ок. 3 м, достаточно легких для переноски. Один конец труб имеет слегка коническую форму, чтобы при соединении их можно было получить достаточно плотное и водонепроницаемое соединение. Во избежание порчи растерных труб иногда укладывают на легкие переносные козлы. Этот способ находит однако, вследствие своей дороговизны, крайне ограниченное применение; родиной его является южная Калифорния, где он применяется для полива люцерны и кормовых культур в и меньшей мере—для полива садов.

Все вышеописанные способы орошения затоплением м. б. применяемы на легких почвах, бесплодных от действия воды спекаться и образовывать корку, а также для тех растений, шейки которых (между корнем и стеблем) не боятся смачивания водой. В противном случае приходится прибегать к поливам инфильтрацией, которые бывают 3 видов: бороздами, грядами и дюнками.

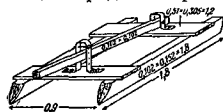
При орошении бороздами и поле покрывается рядами небольших узких и мелких борозд, по которым пускается вода. Вода впитывается через дно борозд и передается корням, не смачивая непосредственно поверхности почвы в промежутках между ними. Водопроводящие каналы строят поперек поля, оросительные же бороздки—вдоль уклона или под известным углом к нему, в зависимости от ската поля. Каналам придается самый ничтожный уклон, для того чтобы при перепруживании канала вода равными струйками выливалась во все бороздки, расположенные выше подпрудок. В некоторых местностях на таких каналах устраиваются на известном расстоянии один от другого деревянные или бетонные затворы, между которыми поддерживается совершенно горизонтальный уровень воды. Затворы снабжаются заставками, при помощи к-рых можно подпруживать воду до желаемой высоты, давая вместе с тем возможность излишней воде сливаться вниз по каналу; вода выпускается из канала в бороздки при помощи трубочек или ящиков, которые сколачивают из дранок и вкапывают в нижний берег канала. Эти трубочки располагаются в одной горизонтальной плоскости, несколько выше низкого уровня воды в канале, когда затворы открыты. Когда же затворы закрываются, вода поднимается и равномерно затопляет устья трубочек, через которые и вытекает в бороздки. В других местностях вода из водопроводящего канала отводится в бороздки при помощи простого раскапывания берега канала, без посредства трубочек, и распределяется между отдельными бороздками при помощи лопаты; при этом

способе от поливщика требуется постоянный надзор за распределением воды, что является совершенно излишним при применении трубочек. Иногда вода в бороздках направляется не прямо из канала, а идет сначала в особую распределительную канавку и затем из нее, при помощи расквашивания ее берегов, пропускается в бороздки (фиг. 25).



Фиг. 25.

Последний способ применяется обыкновенно на легко размываемых почвах. Способ борозд может применяться при орошении всякого рода культур, в особенности часто он применяется (в Америке) при орошении огородов и плодовых садов. При мелких бороздах промежуток между ними достаточен в 0,75 м, при глубоких же — промежуток доходит до 1,5 м. Для проведения борозд можно пользоваться простыми орудиями, в роде изображенного на фиг. 26.

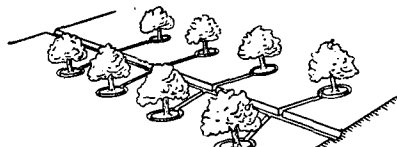


Фиг. 26.

В орошаемых районах Крыма борозды проводятся вокруг садовых деревьев кольцеобразно, с расчетом, чтобы вода подвинулась непосредственно к

мелким корням деревьев, к-рые располагаются под краями кроны (фиг. 27).

Нек-рым видоизменением способа орошения по бороздам является способ орошения по грядкам, применяемый на огородах. При этом способе растения располагаются на грядах шириною ок. 1 м и самой разнообразной длины, совершенно так же, как это делается при огородничестве без орошения в центральных округах РСФСР; вода же гускается с малым уклоном по бороздам, проведенным между грядами, и орошает растения путем капиллярного просачивания. Такой способ обыкновенно практикуется на почвах более тяжелых, обладающих капиллярными свойствами. В самое жаркое время огородники при помощи лопат вышлескивают воду из борозд на гряды для увлажнения самих растений. Этот способ особенно



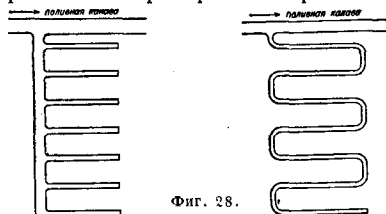
Фиг. 27.

пригоден для местностей, в к-рых, несмотря на преобладание засушливой погоды, среди лета иногда случаются большие дожди, подтопляющие растения. При таком способе это подтопление становится невозможным, т. к. растения расположены высоко на грядах, глубокие же борозды хорошо отводят воду.

Способ полива джоякам, распространенный в хлопковых районах Ср. Азии, многим отличается от способа междугрядно-

го орошения (фиг. 28). В случае больших уклонов, преобладающих на полях Ср. Азии, гряды (джояки) проводятся не в прямом направлении, а зигзагами. Растения располагаются на самых джояках, вода же медленно протекает по междурядьям, постепенно увлажняя с боков корни растений. Так обыкновенно орошаются в туземных хозяйствах посевы хлопка.

Искусственным орошением в местностях с засушливым климатом можно достигнуть поразительных результатов. Сухие и бесплодные пустыни превращаются в цветущие поля и сады, а доходность засушливых земель увеличивается в десятки и сотни раз. Но то же искусственное орошение, при неправильном и чрезмерном его применении,



Фиг. 28.

легко может быть причиной порчи земель. Ни при одном из существующих методов орошения нет возможности целиком утилизировать воду для поглощения корнями растений, т. к. очень значительная часть воды проходит мимо корней и опускается в подпочву. При малых поливах это количество непроизводительно теримой воды невелико, но при обильном орошении корни удерживают прежние количество влаги, весь же излишек воды уходит в подпочву, в грунтовые воды, уровень к-рых поэтому поднимается. В результате получается заболачивание или даже засоление почвы.

Лучшим способом предупреждения таких последствий является наимозможная экономия оросительной воды, достигаемая путем тщательного выравнивания поверхности орошаемых почв, пользования наиболее совершенными методами (полив по бороздам) и обязательного рыхления междурядий после каждого орошения. Это рыхление, сохраняя в почве влагу, внесенную при поливах и уничтожая сорные травы, часто дает возможность обходиться вдвое меньшим количеством оросительной воды.

Когда вся вода реки, служащей для целей искусственного орошения, оказывается распределенной по каналу, а в долине имеются еще значительные площади земель, нуждающиеся в орошении, то невольно возникает мысль об использовании той воды, которая протекает вне ирригационного периода — осенью, зимой и весной. Использование это возможно путем собирания этой воды в особых водохранилищах, к-рые могут устраиваться двояко: в виде небольших индивидуальных прудов на землях отдельных водопользователей и групп, в пределах орошаемой площади, или в виде больших резервуаров, расположенных выше орошаемых площадей. Водохранилища на орошаемых площадях нежелательны: они отнимают много



площади от культур и требуют дорогих питающих каналов, а потому применяются редко. Водохранилища в верховьях рек гораздо удобнее, тем более что реки, служащие для орошения, имеют обыкновенно горный характер и в их верховьях всегда можно найти подходящие ущелья и места для устройства высоких плотин (см.). Особенно крупные плотины и водохранилища устроены в США. У нас в Средн. Азии и Закавказье также имеется много удобных мест для устройства плотин и водохранилищ, но время для широкого строительства в этой области еще не наступило: до настоящего времени далеко еще не использована наличная летняя вода рек в этих районах.

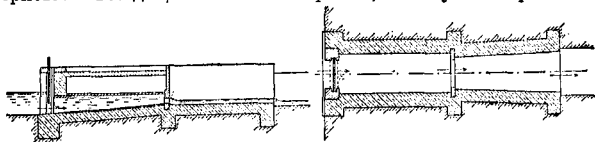
**Организация водопользования.** Крупная ирригационная система, представляющая весьма сложный и дорогой механизм, требует надлежащей организации для ее эксплуатации. Прежде всего вся вода, поступающая в магистральный канал и остальные части системы, подлежит точному учету. На туземных системах этот учет ведется наглаз, при помощи различных единиц, в роде «кулака» (Средн. Азия), «баба» (Закавказье), «цапка» (Крым) и т. п. весьма неопределенных измерителей, представляющих собою такой поток воды, с которым удобно управляется один водопользователь при орошении своего посева. На системах, устроенных по правилам техники, учет воды ведется при помощи гидрометрических способов, дающих выраженные количества протекающей воды в м<sup>3</sup>/сек или л/сек. Когда приходится измерять воду регулярно в одном и том же месте значительного канала, имеющего небольшой уклон, его русло обделывают на некоторую длину досками или же бетоном в виде прямоугольного жолоба и в этом жолобе скорость течения измеряют при помощи вертушек (см. *Гидрометрия* и *Гидрометрические приборы*). В неглубоких каналах, несущих небольшое количество воды, трудно бывает определить скорость при помощи вертушки. В таких случаях измерение производится при помощи водослива (см.). Из различных систем водосливов наибольшим распространением пользуется в последнее время так называемый водослив Чиполетти; последний представляет трапециoidalный водослив с наклоном боковых стенок в 75°30'. Расход воды через этот водослив определяется по ф-ле:

$$Q = 1,86bh^{\frac{3}{2}},$$

где  $b$ —длина порога водослива, а  $h$ —напор воды над порогом. Для удобства пользования этой ф-лой составляются таблицы, по к-рым вычисляют количество переливающейся воды, измерив лишь глубину слоя. Часто на водосливе имеется самопишущий прибор.

В Италии при распределении воды между отдельными водопользователями еще с 16 в. применяются т. н. м о д у л ы. Это—постоянные устройства, б. ч. каменные, предназначенные специально для измерения расхода воды. На фиг. 29 показан миланский модуль.

При проведении не отягченной взвешенными наносами оросительной воды по трубам иногда пользуются водомерами водопроводного типа, например водомером Вентури (см. *Водомеры*). Когда не требуется особая точность измерения, пользуются простыми



Фиг. 29.

затворами, устанавливаемыми на каналах. Если уклон канала достаточно велик, затворы устанавливаются таким образом, чтобы получить водослив. Расход определяется по ф-ле прямоугольного водослива (см. *Водоослив*). Когда уклон канала мал и перепада получить нельзя, воду пропускают под шитом затвора (фиг. 30) и для определения расхода пользуются ф-лой жолоба и погруженного отверстия:

$$Q = 0,85ab \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{a}{a+h}\right)^2}},$$

в к-рой  $a$  и  $b$ —высота и длина отверстия, а  $h$ —разница уровней воды перед отверстием и за ним. По этим формулам составляются таблицы, которыми пользуются водные надзиратели при определении количества воды, проходящей через затворы.



Фиг. 30.

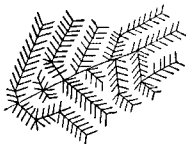
Дальнейшим условием правильной эксплуатации каждой системы ирригации является правильное распределение воды путем установления соответствующего водооборота. Возможны два случая распределения воды из магистрального канала по каналам распределительно-оросительной сети: 1) когда из него получают воду все младшие каналы одновременно, 2) когда они получают воду по очереди. В первом случае мы имеем дело с непрерывным водопользованием. Конечно оно осуществимо только тогда, когда система обильна водой. Обыкновенно же бывает невыгодно осуществлять непрерывную подачу воды во все каналы системы одновременно и приходится определенным категориям каналов давать воду с перерывами. Промежутки времени, через к-рые каналы получают воду, определяются или заранее установленным очередям, и тогда мы имеем форму очередного водопользования, или же по предварительным заявкам на воду со стороны водопользователей—водопользование по требованию. При непрерывной системе водопользования возникают очень большие расходы воды, большие потери на фильтрацию и испарение, большие количества сбросных вод, вызывающие часто заболачивание и засоление полей. Единственное преимущество этого способа заключается в удобстве управления водой и взимания за нее платы пропорцио-

нально орошаемой площади. Такая система обыкновенно применяется в местностях с очень обильными водными запасами и с экстенсивными формами хозяйства. В основе идеи очередного водопользования лежит подача в каналы относительно крупной поливной струи на сравнительно короткое время; продолжительность полива уменьшается для отдельного водопользователя вдвое или втрое сравнительно с первым способом. Выгоды очередного водопользования заключаются в уменьшении рабочей силы, потребной для полива, и в меньших фильтрациях на самых полях при сильно проницаемых почвах. На сильно проницаемых почвах нек-рых районов Туркестана (например Голодная степь) и особенно в первые годы орошения новых земель сокращение времени полива и увеличение поливной струи при очередном водопользовании дают не только лучшие результаты, но и вообще являются единственно возможным способом в виду огромных потерь воды на фильтрацию внутри наделной сети и особенно на полях. Наиболее благоприятной оказывается подача воды отдельным участкам через сравнительно продолжительные промежутки времени.

При водопользовании по требованию оросительная вода отпускается в заранее установленное время и в количестве, отвечающем требованиям водопользователей. Плата за воду устанавливается в таких случаях по объему ее потребления, причем на некоторых наиболее интенсивных системах устанавливается дифференциальный тариф, т. е. при большем потреблении на единицу площади взимается большая плата за единицу объема воды. Благодаря этому получается значительная экономия воды и меньшая опасность заболачивания и засоления. Система водопользования по требованию обычно связана с большими расходами на администрацию, а потому применяется относительно редко. Гораздо чаще применяется система очередного водопользования, причем очередь устанавливается или на магистральных каналах, когда работает одновременно только часть распределителей (фиг. 31), или на распределителях, когда магистральный канал и распределители работают непрерывно, а оросители соединяются в группы, питаемые водой поочередно (фиг. 32), или наконец по оросителям, когда непрерывно работает вся сеть, а оросители одновременно удовлетворяют только отдельные группы водопользователей по очереди (фиг. 33). Водораспределение в этом случае может быть и комбинированным, если распределение происходит одновременно по двум или по нескольким элементам системы.

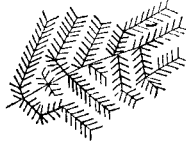
Для правильного функционирования сооружений ирригационной системы необходим соответственный штат технико-административного персонала. На туземных системах Ср. Азии во главе каждой системы обыкновенно стоит «арык-аксакал» (водный надзиратель), наблюдающий за технич. состоя-

нием всех каналов, распределением трудовой, денежной и материальной повинностей по ремонту каналов и сооружений и за распределением воды между отдельными распределителями, орошающими отдельные участки площади, находящиеся в общем пользовании отдельных общин. Помощниками арык-аксакала являются «мирабы» (водные старосты), заведывающие отдельными



Водораспределение по магистральной канале

Фиг. 31.



Водораспределение по распределителю

Фиг. 32.



Водораспределение по оросителю

Фиг. 33.

распределительными каналами и распределяющие воду непосредственно между водопользователями. Эти должности являются выборными и оплачиваются б. ч. известной долей урожая с орошаемых земель, что создает заинтересованность администрации в исправной работе каналов. В последнее время в Ср. Азии управление ирригационными системами из рук туземной администрации постепенно переходит в руки управлений водных хозяйством (водхозов), назначаемых арык-аксакалов и мирабов из подготовленных технич. работников; вместе с тем и натуральная оплата труда заменяется денежным довольствием, по ставкам из средств водного сбора, к-рым заменяется натуральная повинность населения по содержанию системы.

В Америке и Индии во главе каждой крупной инженерной системы обыкновенно стоит главный инженер-гидротехник, при котором находится особая контора, сосредоточивающая в себе все управление системой.

**Экономика.** Стоимость устройств систем, из расчета на каждую фактически орошаемую единицу площади (га), м. б. самой разнообразной—от нескольких десятков рублей до нескольких сотен, в зависимости от местных условий, от размеров орошаемой площади и от оборудования системы. Сведений о стоимости И. в главнейших районах СССР почти не имеется,—большинство систем было сооружено самим населением много лет тому назад без всякого учета стоимости. Нет также сведений и о стоимости эксплуатации их, так как до последнего времени эта эксплуатация велась путем натуральной повинности населения. Из заграничных данных в этом отношении безусловно лучшими являются данные США. По данным последнего ценза (1920 г.) средняя стоимость устройства И. на 1 га составляет 128 р. 70 к., доходя в отдельных случаях до 800 р. В частности средняя стоимость орошения 1 га при выводе воды из рек самотеком составляет 109 р. 50 к., при подъеме из рек насосами—134 р. 44 к., при отводе воды из самоизливающихся колодцев—177 р. 20 к. и при выкачивании воды из колодцев насосами—220 р. Стоимость эксплуатации на 1 га в год составляет в среднем 11 р. 66 к. В част-

ности при выводе воды из рек самотеком—6 р., при подъеме воды насосами из рек—30 р. 12 к., при отводе воды из самоизливающих колодцев—13 р. 22 к. и при выкачивании воды из колодцев насосами—48 р. 33 к.

Рентабельность И. определяется теми условиями с. х., к-рые становятся при этом возможными. Пустыни Ср. Азии, получающие менее 250 мм атмосферных осадков в год, в своем естественном виде являются пригодными только для пастбы скота, и то лишь весной. Эти же земли после устройства искусственного орошения дают в среднем с 1 га по 1 т хлопка-сырца (120—180 р. за т), по 2—2,6 т риса, до 13,3 т люцернового сена, до 1,6 т и более пшеницы и пр. В местностях менее засушливых, каковы Поволжье, Северный Кавказ и южная Украина, искусственное орошение значительно увеличивает урожай зерновых хлебов, как видно из табл. 2, составленной по данным проф. Н. С. Фролова для Новоузенского р. Пугачевского округа.

Табл. 2.—Влияние И. на урожай зерновых хлебов (в ч с 1 га).

Урожай на площадях	Пшеница	Ячмень	Овес	Просо	
Хороший	Орошенных . . . . .	15,5	20,0	22,0	17,7
	Неорошенных . . . . .	11,0	12,8	14,0	11,8
Средний	Орошенных . . . . .	8,0	8,8	9,6	8,8
	Неорошенных . . . . .	5,4	5,2	5,2	5,9
Плохой	Орошенных . . . . .	4,4	4,4	4,4	4,4
	Неорошенных . . . . .	1,5	2,0	2,0	2,1

Что касается огородных и садовых культур, то в таких местностях без искусственного орошения они вообще невозможны, при орошении же, по данным проф. Н. С. Фролова, они дают следующие урожай с 1 га (в т): картофель 15, капуста 200, яблоки 6, груши 4. Лучшим показателем рентабельности ирригационных устройств могут служить результаты статистического обследования ирригационного дела в США с 1890 по 1920 г., приведенные в табл. 3.

Табл. 3.—Обследование ирригации в США с 1890 по 1920 г.

Статьи	В 1890 г.	В 1900 г.	% прироста	В 1910 г.	% прироста	В 1920 г.	% прироста
Число орошаемых хозяйств	54 136	113 899	110,3	162 723	43,0	231 511	42,3
Площадь фактически орошаемых земель . . . . .	1 512 313	3 151 988	108,4	5 874 346	86,4	7 811 027	33,0
Капитал в руб., затраченный на ирригацию к данному году . . . . .	57 738 816	136 870 711	137,1	628 442 570	359,2	1363 921 076	117,0

**Проектирование.** Проектирование крупной ирригационной системы в мало изученных местностях требует предварительных тщательных и разносторонних обследований и изысканий. Прежде всего д. б. выяснен

климат местности для определения возможности тех или иных культур и их потребности в оросительной воде. При наличии метеорологич. станций пользуются их наблюдениями за б. или м. продолжительный срок; если же таких станций и наблюдений нет, их необходимо организовать во всех местах, предположенных к орошению площадей. Так, обр. выясняются естественные условия увлажнения местности и необходимость орошения. Определяются длина безморозного периода и сумма темп-р за этот период, что дает материал для суждения о возможности культуры тех или иных растений. Если предполагается необходимость в устройстве водохранилищ, то метеорологич. наблюдения д. б. организованы не только на предположенных к орошению площадях, но и в верховьях рек, источников будущего орошения, на их водосборных площадях. Здесь д. б. обращено особое внимание на осадки и в частности на снеговой покров. Попутно д. б. организованы гидрологич. обследования для выяснения водных запасов и режима всех водных источников, могущих служить для И. данного района. В местах будущих головных сооружений и водохранилищ устраиваются гидрометрические станции и посты. Одновременно берут пробы воды для определения наносов и хим. состава ее. Все наблюдения дают возможность судить о количестве воды, могущей быть использованной во время ирригационного периода, а равно и о качестве ее. Затем приступают к рекогносцировочным изысканиям для определения общего топографии, строения местности, для выяснения границ площадей, доступных для И., и для выбора ориентировочного направления магистральных каналов. В засушливых районах Ср. Азии и Кавказа, с резко выраженным рельефом, большую пользу при этом может оказать *барометрическая нивелировка* (см.). Одновременно производится и геоботанич. обследования относительно пригодности почв в данной местности для орошения и культуры. Когда выяснены в общих чертах все эти данные и определены приблизительно подлежащие орошению участки, можно приступить к производству детальных изысканий для составления проектов орошения. Эти изыскания заключаются в производстве подробной съемки и нивелировки участков, намеченных под орошение, с предварительной триангуляцией, в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5 000 для получения

планов в горизонталях через 1 или 2 м, в зависимости от сложности рельефа. Вместе с тем производится детальные почвенные исследования ходовыми линиями, со взятием почвенных образцов. Эти линии и места

взятия образцов заснимаются, и в результате получается подробная почвенная карта в масштабе съемки. Составляется и геологич. карта с указанием грунтовых вод и выяснением местонахождения пород, пригодных в качестве строительных материалов. После этого на плане местности в горизонталях намечают уже точное направление возможных



Фиг. 34.

магистральных каналов и определяют площади могущих быть орошенными земель. На особо избранных участках местностей, предположенных к орошению, организуются т. н. гидромодульные исследования, заключающиеся в опытах по орошению культур на особых деланках, для орошения к-рых вода добывается из ближайшего водного источника—реки, пруда или колодца. В результате выясняются наиболее желательные в данной местности севообороты, поливные нормы, отношение данных почв к оросительной воде, потребность в дренаже и пр. На основании этих данных составляются т. н. графики поливов (фиг. 34) для выбранной системы севооборота. Графики составляют след. обр. По горизонтальной оси откладываются периоды времени, в продолжение которых должен производиться каждый полив данной культуры, а по вертикальной—секундные расходы воды, необходимые для этих поливов по ф-ле

$$q = \frac{m}{t \cdot 86400}$$

где  $q$ —периодич. гидромодуль потребления данной культуры в  $\text{м}^3/\text{сек}$ ,  $m$ —поливная норма в  $\text{м}^3/\text{га}$ ,  $t$ —период полива данной культуры в сутках, а 86 400 число сек. в сутках. В результате нанесения секундных расходов, необходимых для полива всех культур, получается возможность определять общий



Фиг. 35.

секундный расход, необходимый для поливов всей орошаемой площади в продолжение всего ирригационного периода. Т. к. на таких графиках часто получаются очень высокие «пики», вызывающие большие расходы каналов на короткие промежутки времени, и «провалы», когда каналы должны совершенно пустовать, то обыкновенно первоначально выработанный график «укомплектовывается» (фиг. 35) со смягчением пиков и

провалов, но по возможности без ущерба для фаз развития растений. Укомплектование графика поливов производится так, чтобы в результате он по возможности соответствовал кривой режима источника орошения.

График поливов дает необходимый секундный расход воды данной системы у места потребления ее на полях. Для получения расхода подачи воды в головной части системы необходимо разделить расход, определенный по графику поливов, на кпд системы; кпд колеблется в пределах 0,2—0,9, в зависимости от состояния каналов данной системы. Получив т. о. необходимый расход магистрального канала, определяют все необходимые его элементы и в том числе уклон по выправленному ф-лам Гангиле-Куттера или Базена. Точно так же определяют элементы распределительных, оросительных и водобросных каналов, а затем эти каналы наносят на план предположенной к орошению местности и трассируют в натуре, принимая во внимание топографические условия и почвенные особенности, причем намечают необходимые искусственные сооружения. Места расположения каналов и искусственных сооружений заснимают в крупном масштабе (около 1:100) и приступают к составлению окончательного проекта со всеми сооружениями.

**Организация ирригационных предприятий.** Предприятия по устройству И. могут быть организованы разными способами. Иноерколонист засушливого района, водворившийся близ горной речки, обыкновенно своим личным трудом выводит небольшой оросительный канал и орошает свой участок. Когда вывод канала непосилен одному колонисту, он соединяется с соседями для организации группового, или общинного, предприятия. Если отдельные хозяйства легализируют свой союз, получается предприятие кооперативное («мелиоративное товарищество») без принудительного участия или с принудительным участием, если в данной стране действует закон, по к-рому несогласное меньшинство хозяев обязано примкнуть к мелиоративному товариществу, когда того требуют технич. соображения. В нек-рых странах для организации такого товарищества требуется желание 50% хозяев, в других же, как напр. в СССР,  $\frac{2}{3}$  (по декрету 1923 г.). В нек-рых случаях ирригационные предприятия организуются частными предпринимателями, торгующими затем водою (коммерческое предприятие) или продающими всю ирригационную систему товариществу водопользователей.

Все эти типы предприятий могут организовываться в местностях уже колонизованных, где имеются земледельцы. Гораздо труднее обстоит дело, когда приходится орошать большие пространства земель путем организации крупных систем И. в целях колонизации. В таких случаях за это дело обыкновенно берется само государство, орошающее и колонизирующее пустынные земли. Оно или само эксплуатирует ирригационные системы, продавая воду поселенцам, как в Индии, или же переуступает все сооружения ирригационной системы кооперативу—товариществу водопользователей—по себе-

стоимости на продолжительный срок, как в США (по закону 1902 г., так. наз. «Reclamation Act»). Иногда же, как например в США (по закону Carey), дело орошения и колонизации земель поручается concessionерам, к-рые обязуются в определенный срок оросить и колонизовать отводимые им крупные участки государственной земли и затем передать все ирригационные устройства в определенный срок и по установленным ценам товариществам водопользователей, составленным из поселенцев, для эксплуатации на кооперативных началах. Т. о. образуются предприятия правительственные и концессионные. Табл. 4 показывает, каким образом распределялась фактически орошаемая

Табл. 4.—Распределение орошаемой площади США между предприятиями.

Типы оросительных предприятий	По данным 1910 г.		По данным 1920 г.		Увеличение орошаемой площади за 10 лет	
	в га	в % от общей площади	в га	в % от общей площади	в га	в % от данных 1910 г.
Едиличные и групповые Кооперативные . . . . .	2 684 098	45,7	2 787 461	35,7	103 456	3,8
Кооперативные с придаточным участком . . . . .	1 859 920	32,2	2 878 630	34,3	788 710	41,7
Коммерческие . . . . .	215 156	3,7	741 554	9,5	526 398	244,8
Правительственные с передачей кооперативам . . . . .	736 417	12,5	741 554	9,5	5 137	0,7
Концессионные с передачей кооперативам . . . . .	161 028	2,7	610 609	6,5	349 581	217,0
Правительственные для индейцев . . . . .	117 441	2,0	213 239	2,7	95 798	81,5
Разные и смешанные . . . . .	70 378	1,2	115 812	1,5	45 434	64,4
	—	—	21 903	0,3	21 903	—
Всего . . . . .	5 874 318	100,0	7 810 665	100,0	1 936 317	32,9

площадь США (по данным цензов 1910 и 1920 гг.) между разного рода предприятиями. Из этой таблицы можно видеть, что в последнее время в США наибольшую тенденцию к развитию получают кооперативные с придаточным участком и правительственные предприятия, передаваемые товариществам водопользователей. Эти кооперативы, называемые в США «оросительными округами» (Irrigation districts), оказались настолько удачными мелиоративными организациями, что обыкновенно теперь по их типу создаются и те товарищества водопользователей, к-рым передаются законченные предприятия как федерального правительства, так и концессионные.

Лит.: А р я н о в В. С., Орошение, М.—Л., 1926; К о с т я н о в Н. С., Основы мелиорации, М., 1927; Ш л е г е л ь В. X., Материалы к курсу эксплуатации оросительных систем, Ташкент, 1925; Ф л и н П. П., Ирригация, каналы и относительные и лим сооружения, пер. с англ., СПб, 1898; С к о р я к о в Е. Е., Орошение и колонизация пустынных земель США, ч. 1—2, СПб, 1914, ч. 3, СПб, 1913; е го ж е, Ирригационное дело в Америке, Ежегодник Отдела зем. улучшения, т. 2, СПб, 1910; е го ж е, Искусственное орошение в Аз. России, СПб, 1914; е го ж е, Орошение плодовых садов в Северной Америке, II, 1915; е го ж е, Культура площерины при искусственном орошении в С. Америке, II, 1915; е го ж е, Искусственное орошение небольших участков в крестьянском хозяйстве, ч. 1—2, М., 1925; е го ж е, Анализ американ. статистик. данных по искусств. орошению, М., 1926; B i l l i g W. G., The Practical Design of Irrigation Works of India, 2 ed., London, 1905; D a v i s A. P. A., W i l s o n H. M., Irrigation Engineering, N. Y., 1919; E t c h e v e r g u V. A., Irrigation Practice a. Engineering, v. 2—3, New York, 1916; F o r t i e r G., Use of Water in Irrigation, N. Y., 1926.

**ИСКОПАЕМЫЕ**, остатки животных и растений, отложившиеся одновременно с осадками на дне морских и пресноводных бассейнов и сохранившиеся от разрушения последующими механическими и химическими процессами. Представляя собой вымершую фауну и флору геологических периодов, ископаемые служат основанием для определения геологич. возраста отложения. Изучение ископаемых составляет предмет палеонтологии, которая разделяется на палеозоологию (животные И.) и палеоботанику (растительные И.). Относительно больше сохранились от разрушения твердые части наружного или внутреннего скелета животных (зубы, кости, раковины, чешуя, панцири и т. д.),

тогда как мягкие части сохраняются только в особо благоприятных условиях (наземные животные в мерзлой почве Сибири, насекомые в янтаре) или же оставляют отпечатки в окружающей породе. Часто вещество ископаемых замещается каким-нибудь минералом (гл. обр. кальцитом, кремнем, халцедоном, баритом, пиритом, марказитом, лимонитом)—отсюда название о к а м е н о с т ь . При геологической съемке сбору ископаемых уделяют особое внимание, тщательно регистрируя место и условия взятия образца (из ослиги или непосредственно из породы обнажения). Хрупкие образцы тщательно упаковываются.

**Полезные И.**—общий термин, применяемый ко всем рудным и нерудным ископаемым, имеющим применение в промышленности непосредственно или после соответствующей обработки.

Лит.: Л а г у з е н И., Краткий курс палеонтологии. Палеозоология, вып. 1, СПб, 1895; Б о р и с я н А., Курс палеонтологии, ч. 1 и 2, М., 1905—06; З а л е с к и й М. Д., Очерки по вопросу образования угля, СПб, 1914; Б а я р у н а с М. Я., Энциклопедия для раскопок ископаемых в Тургайской области, «Природа», Москва, 1917, 4; Б о р и с я н А., Курс истории геологии, II, 1922; Я к о в л е в И. И., Учебник палеонтологии, 3 изд., Л., 1925; О б р у ч е в В. А., Полевая геология, ч. 1, стр. 136—152, М., 1927; B i l l i g W. G., Die Geschichte der Paläozoologie (Paläozoologie), 6 Auflage, München, 1924, V. 2, 4 Auflage, München, 1923; S t o r m e r v. R. e. i. c. h. e. n. b. a. c. h. E., Paläozoologisches Praktikum, Berlin, 1920; K e i l h a c k K., Lehrbuch der praktischen Geologie, p. 104—112, 452—571, 4 Auflage, V. 1, Stuttgart, 1924; A b e l O., Lehrbuch der Paläozoologie, Jena, 1920.

П. Толочинский.

**ИСКОПАЕМЫЕ УГЛИ**, вид твердых ископаемых горючих веществ органического происхождения, называемых, по почину Потюрье, как устобилитами.

**Виды ископаемых углей.** Громадное большинство И. у. (каменные и бурные угли) принадлежит к числу гумусовых образований, главным исходным материалом которых являются углеводы. Другая небольшая группа относится к сапропелевым и породам, в образовании к-рых особую роль играли жиры и, м. б., белки. И ископаемых сапропелитов к этой группе надо отнести наиболее чистые из палеозойских углей, т. н. к е н е л ь с к и е (canwyll, candle—свеча), богатые спорами высших палеозойских растений (см. вкл. лист, 1). Они черного цвета, с раковистым изломом, при прикосновении не пачкают; легко загораются и горят, как свеча, оставляя мало золы; эти угли древесного строения никогда не обнаруживают; хорошо поддаются полировке. Иногда уголь этого типа в виде чечевич встречается в пластах гумусового угля. Так наз. б о г х е д ы, состоящие в значительной степени из микроскопических водорослей (см. вкл. лист, 2), обычно настолько богаты золой, что часто являются ископаемой сапропелевой глиной. Они богаты летучими углеводородами. Ископаемые угли, происшедшие из сапропелей, принадлежат к матовым углям, тогда как гумусовые угли представлены блестящими разновидностями. Лишь молодые гумусовые угли, особенно, третичного возраста, благодаря содержащим смолы бывают иногда матовыми. Указанные типы И. у. очень редко встречаются в чистом виде, давая обыкновенно еще мало изученные смеси. Так, гумусовые угли (главн. обр. каменные) почти всегда бывают полосатыми. Полосы, толщиною от долей мм до нескольких мм, располагаются обыкновенно параллельно наслоению.

Гумусовые И. у., образованные за счет высших растительных организмов, играют исключительно важную роль сравнительно с другими видами твердого ископаемого горючего. Среди типов этих углей в последнее время стали выделять с м о л я н ы е у г л и, представляющие связь между бурными и каменными углями.

Бурные угли и лигниты часто рассматриваются как самостоятельные типы; некоторые авторы не разделяют этих воззрений и полагают, что оба эти типа переходят один в другой. Л и г н и т о м называется И. у., в составе к-рого преобладает настолько мало измененная древесина, что форма и строение ее ясны даже при беглом осмотре. Его несколько волокнистое строение объясняется происхождением из слегка измененной древесины, к к-рой присоединяется значительное количество бесструктурного материала, и разложившихся, но еще различных кусочков коры и листьев. Известно много разновидностей лигнита, от рыхлых до самых плотных; последние называют иногда землистыми лигнитами. В палеозойских горных породах лигниты нигде не найдены. Б у р ы й у г о л ь не обнаруживает ясных признаков древесины в своем составе. Он—темнобурого или черного цвета. Разновидности бурого

угля—битуминозные бурые угли—имеют черный цвет и обычно раковистый излом.

К а м е н н ы й у г о л ь (см. *Каменный уголь*) играет наиболее важную роль среди всех типов И. у. Он—черного цвета, при прикосновении пачкает пальцы, раскалывается по плоскостям спайности на куски в форме параллелепипедов. И по химическому составу и по свойствам распадается на ряд разновидностей (см. вкл. лист, 3, 4).

А н т р а ц и т резко отличается по внешнему виду от прочих гумусовых углей. Он не пачкает пальцев, имеет серебристый полуметаллич. блеск и раковистый излом; загорается с трудом и горит слабым, едва светящимся пламенем; почти не дает дыма; содержит незначительное количество летучих соединений и золы.

В настоящее время с несомненностью установлено растительное происхождение всех И. у. Одни из них произошли на месте роста того растительного материала, который дал основное вещество углей (теория автонного происхождения). Месторождения И. у., в частности каменных и бурых, представляют в большинстве случаев ископаемые лесные болота (заболоченные леса). Другие месторождения могли образоваться за счет сноса водными потоками огромного количества растительности в общий бассейн, на дне которого под прикрытием толщи осадочных отложений шло дальнейшее преобразование растительного вещества (а л о х т о н н а я гипотеза).

По мнению большинства ученых, огромную роль в обоих случаях должны были играть биохимические процессы. Изменения, которым подвергаются растительные остатки, когда они опускаются надно водного бассейна, существенно отличны от гниения растений на открытом воздухе. Когда растительные остатки почти совершенно изолированы водой от атмосферного воздуха, в них происходят изменения, результатом к-рых является образование углеводорода и органических к-т: гуминовой, ульминовой и др. В короткое время скопление растительных остатков разнородного характера превращается в более или менее однородную плотную бурую массу, составляющие части к-рой можно различить лишь при специальном детальном исследовании. Эти изменения совершаются, по мнению Рено, гл. обр. под влиянием жизнедеятельности бактерий. Первоначальная фаза механического разделения в растительных остатках совершается при содействии особых грибов. Затем следует исчезновение всех тонкостенных клеток тканей—это уже главн. обр. работа бактерий. Степень, до которой доходит этот процесс, зависит от различных обстоятельств. Он может например остановиться на сравнительно ранней стадии, и тогда в массе можно различить следы растений, из которых она произошла. В другом случае, прежде чем масса станет непригодной для существования бактерий (вероятно вследствие избытка свободных органич. кислот), стенки клеточек м. б. сильно раздеты, причем и стенки и содержащаяся в них протоплазма превращаются в аморфную бурую или черную массу, в к-рой погружены наиболее твердые и стой-

кие ткани. Одни виды микрококков и бактерий производили, по мнению Рено, отнятие кислорода от растительной массы, другие же отнимали у нее водород. Жизнедеятельность различных форм микрококков и бактерий вела иногда этот процесс обуглероживания довольно быстро. Различия в интенсивности, с к-рой шел этот процесс, и прекращение его на различных стадиях вследствие накопления отбросов жизнедеятельности бактерий, вредных для их жизни, могли быть причиной образования различн. типов ископаемого угля, в том числе и антрацита.

Другие ученые считают биохимич. процесс недостаточным для образования углей в том виде, в каком они нам представляются; они полагают, что метаморфизм, проявившийся сильным давлением и теплотой, доканчивал то, что было начато биохимическим процессом, и делал мягкую обуглероживенную массу твердой. Природа изменений в материнском веществе угля под влиянием метаморфизма была вероятно двойного рода: частью—химическая, частью—физическая. Улетучивание газообразных веществ, начавшееся при биохимич. процессе, продолжалось при метаморфизме. Весьма вероятно, что разница в стадиях, на к-рой прекращался биохимич. процесс и наступал метаморфизм, а также продолжительность и напряженность последнего оказывали огромное влияние на качества образующихся углей.

Некоторые ученые, напр. Стреген (Strahan) и Арбер, объясняют происхождение антрацита другим направлением биохимич. изменений в материнском веществе этого угля и даже различием в составе растительности, образовавшей его материнское вещество. Последнее предположение удовлетворительно объясняет ничтожное количество золы в антраците и постепенный переход каменного гумусового угля в антрацит, что особенно ярко представлено в Донецком бассейне. Правда, микроскопическое изучение самого антрацита и растительных остатков, заключенных в сопровождающих породах, пока не дало фактич. данных для обоснования такого предположения (см. вкл. л., 5).

фа. Торф превращался постепенно в бурый уголь; бурый уголь переходил в гумусовый или битуминозный; конечным результатом превращения, по крайней мере в некоторых случаях, явился антрацит. Если исходить из этой теории, то можно было бы предположить, что ископаемые угли древнейших геологических периодов должны быть представлены антрацитами, тогда как наиболее молодые угли могут быть лишь бурыми. Однако имеющиеся у нас факты противоречат этому предположению. Мы знаем палеозойские угли, близкие к типу бурых углей (напр. нижнекаменноугольные угли Подмосквового бассейна); с другой стороны, есть примеры типичных каменных коксовых углей третичного возраста (например угли по реке Владимировке на Сахалине); наконец в одном и том же Донецком бассейне одни и те же пласты вывезены то длиннопламенными газовыми углями (в районе Лисичанска), то коксующимися углями (в районе например станции Алмазной), то отличными антрацитами (в Грушевском районе).

Ярким доказательством несостоятельности этой теории является также быстрота образования каменных углей: известно, что в толще угленосных отложений наблюдаются иногда угольные конгломераты. Примеры такого рода образований наблюдались в Англии и в нашем Кузнецком бассейне, где в конгломератах была найдена окатанная угольная галька. Из этого следует, что уголь не только существовал уже окончательно сформированным в течение одного периода, но что затвердевшие уже пласты его в течение этого же периода подвергались размыванию (см. вкладной лист, 6). Об этом же свидетельствует нахождение древних речных долин, которые пересекают угольные пласты.

**Свойства ископаемых углей.** И. у. представляют собою весьма сложные органич. соединения минералогического свойства гумусовых ископаемых углей хорошо изучены; они грубо представлены табл. 1. Напротив, их химические свойства пока изучены недостаточно.

Табл. 1.—Минералогическая характеристика ископаемых углей.

Тип ископаемого угля	Сложение	Излом	Блеск	Цвет	Черта	Действие реактивов	Продукты дистилляции
Лигнит, бурый уголь	Землистый, до плотного, рассыпающийся на воздухе	Неровн., до плоского	Матовый	Бурый	Бурая	Окрашивание КОН при кипячении	Есть уксусная кислота
Смоляной уголь	Плотный, рассыпающийся	Плоскоравный	Слабый	Черный	Буро-черная	"	Есть уксусноуксусный аммоний
Каменный уголь	Плотный, хрупкий	Раковистый	Сильный	"	Черная	КОН не действует	Аммиачная вода
Антрацит	"	"	Металлич.	"	"	С трудом загорается	"

В противоположность изложенной гипотезе образования И. у., другая гипотеза, торфяно-антрацитовая, еще недавно пользовавшаяся популярностью, исходила из доположения, что все угли произошли из тор-

ф. Техническим анализом углей определяют процентное содержание влаги, летучих веществ, связанного углерода или кокса (зольного), золы и серы; элементарным анализом — процентное содержание

углерода, водорода и кислорода с азотом. Для сравнимости результатов анализа необходимо производить его в строго определенных, единообразных условиях, притом по единой детально проработанной методике. Эта предпосылка однако до сих пор у нас еще не осуществлена. За годы советской власти многое, правда, сделано в этом направлении, но до сих пор результаты анализов И. у. сравнимы только в пределах некоторых отдельных бассейнов (Подмосковный, Донецкий). В табл. 2 приведены результаты анализов органической части И. у., могущие все же служить для характеристики различных типов этих углей.

Табл. 2.—Анализ ископаемых углей.

Тип угля	Элементарный			Технический	
	С	Н	O+N	летуч. вец.	кокс
Бурый уголь . . .	70	5,5	24,5	55	45
Смоляной уголь . . .	78	5,0	22,0	45	55
Каменный уголь . . .	82	4,0	13,0	33	67
Антрацит . . . . .	95	2,0	3,0	10	90

Необходимо при этом указать, что количество видов угля чрезвычайно велико: с одной стороны, к ним примыкает например графит с содержанием углерода до 99,77%, а с другой—один из субазальных каоцито-биолитов—с а п р о м и к е и т, или то м и т, близкий по типу к божеду, образованный ослизнившимся водорослями и содержащий около 90% летучих веществ при 6,78% кокса и 3,42% золы.

Для характеристики типов И. у. чрезвычайно важна также их теплопроизводительная способность. При значительном содержании золы получаются трудно сравнимые данные, но средние сорта малозольных углей, употребляемые гл. обр. в качестве простого топлива, дают следующую теплотворную способность:

Тип	Теплотворная способность в Cal
Бурый уголь . . . . .	5 000
Каменный уголь . . . . .	7 000—8 000
Смоляной уголь . . . . .	6 000
Антрацит . . . . .	7 500—8 000

Для объединения всех получаемых результатов при подсчете мировых запасов И. у. Орг. бюро комитета XII Международного геологического конгресса предложило следующую классификацию этих углей.

А—антрациты и некоторые тощие угли с содержанием летучих веществ 3—12% и с теплотворной способностью 8 000—8 600 Cal. Главные составные элементы: 90—95% С; 2—4,5% Н; 3—5,5% O+N.

В и С—битуминозные угли (коксовые, кузнецкие, газовые, суше) с содержанием летучих веществ в 12—40% и с теплотворной способностью 6 600—8 900 Cal. Главные составные элементы: 70—90% С; 4,5—6% Н; 5,5—20% O+N.

Д—полубитуминозные угли, бурые угли, лигниты, с влажностью более 6% и теплотвор. способностью 4 000—7 200 Cal. Главные составные элементы: 45—75% С; 6—6,8% Н; 20—45% O+N.

Вследствие неодинаковой calorийности разных видов ископаемых горючих резуль-

таты подсчета запасов топлива и потребности в нем выражаются в так называемом с л о в н о м т о п л и в е теплотворной способности в 7 000 Cal. Для практич. перевода различных видов топлива в условное Главгортолом ВСНХ СССР выработаны особые коэф. для на каждый вид топлива.

Для ископаемых углей эти коэф. таковы: Донецкое топливо (уголь и антрацит) . . . 0,88  
Подмосковный уголь . . . . . 0,46  
Кузнецкий . . . . . 1,00  
Черногорский (ханасонский) . . . . . 1,00  
Черемховский (иркутский) . . . . . 0,84  
Суэцкий (Дальний Восток) . . . . . 0,98  
Кавказский . . . . . 0,41  
Артемовский (Дальний Восток) . . . . . 0,57  
Черновский . . . . . 0,64  
Киселовский . . . . . 0,81  
Челябинский . . . . . 0,61  
Богословский . . . . . 0,47  
Егорьевский (антрацит) . . . . . 0,89  
Тывабудильский . . . . . 0,82  
Эмбабустский . . . . . 0,84  
Турнестанский . . . . . 0,71  
Импортный уголь . . . . . 1,05

Под влиянием целого ряда причин И. у. претерпевают различные изменения в своем составе. Наиболее важным из этих изменений является т. наз. выветривание. Наблюдения и исследования показали, что выветривание сильнее всего сказывается на выходах углей и доходит до значительной глубины. Особенно тщательному изучению, со взятием проб через каждый 2,13 м, подвергся один из антрацитовых пластов Донецкого бассейна, с углом падения 24°. Оказалось (по главнейшим показателям), что выветривание проявилось до глубины 60 м. Оно выразилось в абсорбции значительного количества кислорода. Главное направление этого окислительного процесса в зоне, ближайшей к земной поверхности, идет в сторону введения в состав органической массы угля значительного количества кислорода при одновременном удалении большей части водорода и некого количества углерода за счет избыточного кислорода, не присоединившегося к органич. массе угля. Зольность угля повышалась в среднем в 11 раз, влажность—почти в 20 раз, содержание летучих в 4,5 раза, а содержание кокса уменьшалось в 4,5 раза против нормальных соотношений.

В связи с этими наблюдениями необходимо упомянуть об опытах хранения добытого угля в штабелях. Плотный каменный уголь на открытом воздухе в штабелях теряет вследствие выветривания в первые 5 месяцев хранения от 2 до 10% своей теплотворной способности, после чего выветривание начинает протекать очень медленно. Часто после такого хранения коксуемый уголь в значительной степени теряет способность к коксованию. При хранении под водой свойства угля заметно не меняются. Бурый уголь в штабелях выветривается значительно сильнее: он теряет влагу, растрескивается, рассыпаясь в мелочь, часто загорается. Самовозгоранию при интенсивном выветривании и значительном выделении тепла подвергается иногда и каменный уголь: в штабелях это явление происходит, когда уголь неплотного сложения насыпан рыхлой массой с промежутками, по которым может циркулировать воздух.

Из других изменений следует отметить влияние контактового метаморфизма, при-



чем не только гумусовые, но иногда и сапропелевые угли дают графит. С удалением от контакта верность графита обыкновенно уменьшается, и он делается плотным. Иногда уголь переходит в графит под влиянием больших тектонич. давлений; примером могут служить Полтавское и Брединское месторождения антрацита на Южном Урале.

**Запасы ископаемых углей.** В настоящее время, в виду важности и остроты энергетич. проблемы, все страны подсчитывают у себя запасы И. у. При определении запасов угля каково-нибудь месторождения или района к учету принимаются лишь те пласты, к-рые могут подвергаться промышленной разработке. Рабочая мощность пласта в разных экономич. и технич. условиях того или иного района м. б. весьма различна; в Бельгии, напр. в Льежском округе, разрабатывался пласт в 0,25 м, тогда как в нашем Кузнецком бассейне при тех же примерно свойствах угля не всегда признаются заслуживающими разработки пласты угля и в 1 м мощности; для Донецкого бассейна пределом рабочей мощности пласта является 0,5 м. Исполнительный к-т XII Международного геологич. конгресса предложил давать сведения о пластах с наименьшей мощностью 0,3 м. Что касается глубины залегания, до к-рой надлежит производить подсчет, то этим же учреждением было предложено пласты мощностью не менее 1 фт. (0,305 м) подсчитывать на глубину в 4 000 фт. (1 220 м); пласты же мощностью не менее 2 фт. (0,61 м) учитывать до глубины 6 000 фт. (1 830 м); разработки пластов угля на более значительной глубине чрезвычайно затруднительны и возможны лишь в отдаленном будущем.

Вследствие недостаточных сведений об отдельных месторождениях угля запасы этого полезного ископаемого не везде м. б. учтены с одинаковой точностью. Различают: 1) действительный запас (Actual reserve), подсчет которого основан на действительно определенных мощности и площади распространения пласта; 2) вероятный запас (Probable reserve), когда обе указанные величины известны не с достаточной определенностью для всего месторождения; 3) возможный запас (Possible reserve), когда они гадательны и оставляют возможность допущений.

По классификации, принятой в последнее время Геологическим к-том СССР, все запасы в недрах разбиваются на три группы: А—подготовленный к добыче или детально разведанный и опробованный запас, а также запас в пределах объемного контура, определяемого выработками, скважинами и естественными выходами, расположенными на таких расстояниях, что по характеру месторождения допускается интерполяция соседних данных; В—запас в пределах объемного контура, определяемого выработками, скважинами, естественными выходами и геофизическими исследованиями, но с данными, недостаточными для включения запаса в предыдущую группу; С—запас, установленный только на основании геологических предположений, результатов геофизических исследований и отдельных редких естественных и искусственных обнажений.

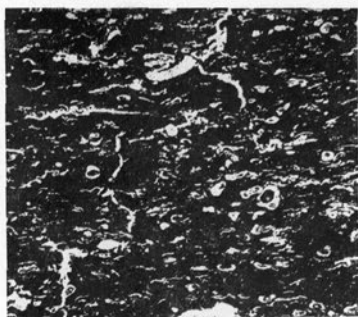
Подсчет запасов И. у., впервые произведенный по всем странам мира вышеупомянутым XII Международным геологич. конгрессом, созванным в Канаде в 1913 г., исправляется по мере получения новых дополнительных данных. Последняя сводка мировых запасов по странам и категориям углей была установлена на Энергетич. конференции в Лондоне в 1924 г. Она приведена в табл. 3, причем цифры по СССР исправлены по данным на январь 1927 г.

Из этой табл. видно, что максимальными запасами ископаемых углей (примерно 50% мирового количества) обладают США; за ними идут: Канада (около 15%), Китай (почти 13%). СССР с его общими запасами в круглых цифрах 552 300 млн. т (из них 250 500 млн. т антрацитов, 286 300—каменных углей и 15 500—бурых углей) обладает лишь 7,2% мировых запасов.

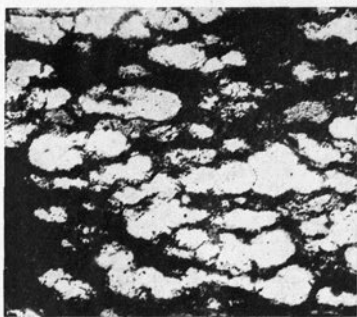
Отдельные месторождения нашего Союза подсчитаны с различной степенью точности и до разных глубин. За последнее время у нас открыты некоторые новые месторождения, не вошедшие еще в приведенную таблицу. Другие—уже известные месторождения—на основании новых данных позволяют считать запасы их большими.

**Месторождения в СССР.** Сапропелевые и угли. Из месторождений сапропелевых углей прежде всего надо отметить Пломосковный бассейн, площадью более 25 000 км<sup>2</sup>, расположенный в Московской области, в быв. губ. Московской, Рязанской, Тульской, Смоленской, Пензенской и Новгородской. За последнее время, в связи с развитием техники сжигания и использования низкосортного топлива, они приобретают все более важное значение. Мощность осадков угленосного яруса в различных бассейнах неодинакова: в Побединском районе, близ г. Скопина, она около 25—30 м; к югу она убывает и у ст. Бобрин-Донской составляет около 20 м; к северу, наоборот, она несколько возрастает, достигая 55—65 м. Общий запас угля—около 8½ млрд. т. Залегание пластов неправильное, линзовидное, подвергается частым выклиниваниям и смене в горизонтальном направлении, почему отдельные месторождения требуют тщательной разведки. Добываемые в Подмосковном бассейне угли двух типов: преобладающее значение имеют т. н. курные угли (кельнские); гораздо менее распространены богдыхи. Первые сравнительно легко разрушаются на воздухе и не выдерживают дальней перевозки; содержание влаги в них ок. 20—32%, серы—3,5%, золы 9—13%, теплотворная способность 3 000—4 200 Cal. Вторые дают меньше мелочи при добыче, выдерживают сравнительно долгое хранение на воздухе и длительную перевозку; их теплотворность доходит до 6 000—6 500 Cal. По наружным признакам, легкой ветриваемости, разрушаемости на воздухе, отсутствию блеска, бурой черте, способности окрашивать раствор едкого кали и некоторым другим свойствам они сходны с бурыми углями, хотя и очень древнего происхождения; их возраст ниже-каменноугольный, т. е. более древний, чем возраст углей Донецкого бассейна, образовавшихся в сред-

## ИСКОПАЕМЫЕ УГЛИ



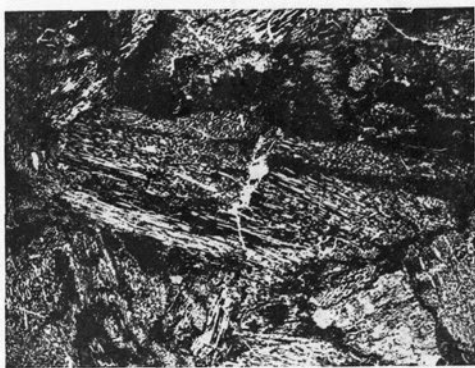
1



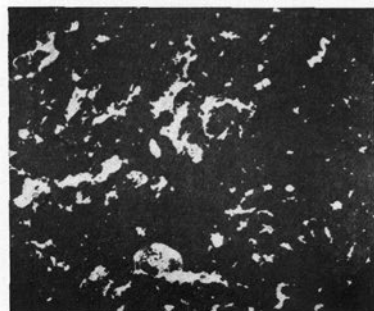
2



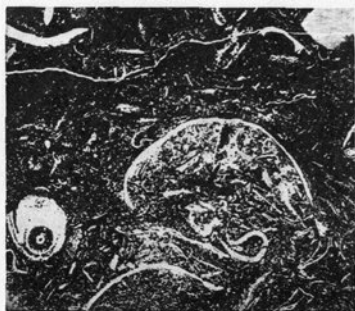
3



4



5



6

1. Вертикальный разрез товарковского (кэниельского) угля из пласта № 2. Товарково (Подмосковный бассейн). Уголь состоит почти исключительно из скопления спор в гумусовой массе, X85. 2. Вертикальный разрез отенского богхеда, состоящего из скопления *Pila fibraestensis*, X85. 3. Разрез минерализованного волокнистого угля и пласта „Атаман“ Брянского рудника (Донецкий бассейн), X4,5. 4. Горизонтальный разрез минерализованного волокнистого угля, составленного из периодермы, из шахты б. Алексеевского горнопромышленного об-ва на Обеточной (Донецкий бассейн), X 4,5. 5. Горизонтальный разрез антрацитачерепки из Макарьевской шахты в Грушевке (Донецкий бассейн), X64. 6. Кровля, вероятно, пласта Толстого, из отвалов шахты № 6 Брянского рудника (Донецкий бассейн). Порода отлагалась во время наводнения моря на береговой торфяник. Включения остатков растительных тканей и раковин, X2.

Табл. 3.—Распределение мировых запасов ископаемого угля (в млн. т).

Страны	Антрацит и полу- антрацит	Каменный уголь	Бурый уголь	Всего
<b>Европа</b>				
Германия . . . . .	—	250 600	13 400	264 000
Великобритания . . . . .	11 400	178 100	—	189 500
Польша . . . . .	—	170 000	—	170 000
СССР (Европ. часть) . . . . .	39 600	28 900	8 400	76 900
Франция . . . . .	3 270	29 220	1 630	34 120
Чехо-Словакия . . . . .	—	8 780	12 430	21 210
Бельгия . . . . .	—	11 000	—	11 000
Штирберген . . . . .	—	8 700	—	8 700
Испания . . . . .	1 430	4 370	770	6 570
Голландия . . . . .	320	4 090	—	4 400
Югославия . . . . .	—	50	8 620	8 670
Румыния . . . . .	—	514	208	722
Венгрия . . . . .	—	120	495	615
Италия . . . . .	—	144	99	243
Болгария . . . . .	—	30	358	388
Австрия . . . . .	—	16	384	400
Швеция . . . . .	—	110	—	110
Португалия . . . . .	—	20	—	20
Дания . . . . .	—	—	50	50
Греция . . . . .	—	—	40	40
<b>Итого . . . . .</b>	<b>56 220</b>	<b>696 704</b>	<b>46 874</b>	<b>799 798</b>
<b>Азия</b>				
Китай . . . . .	387 400	607 500	600	995 500
СССР (Азиат. часть) . . . . .	210 900	257 500	7 100	475 500
Британская Индия . . . . .	—	78 400	2 600	78 000
Инд-Китай . . . . .	20 000	—	—	20 000
Япония и Формоза . . . . .	60	7 130	780	7 970
Персия . . . . .	—	1 860	—	1 860
Манчжурия . . . . .	68	1 140	—	1 208
Голландская Индия . . . . .	—	240	1 070	1 310
Брит. Борнео . . . . .	—	75	—	75
Корея . . . . .	40	14	27	81
Филиппины . . . . .	—	5	60	65
<b>Итого . . . . .</b>	<b>618 468</b>	<b>951 864</b>	<b>12 237</b>	<b>1 582 569</b>
<b>С. Америка</b>				
США . . . . .	19 700	1 955 500	1 883 400	3 838 600
Канада . . . . .	2 100	283 600	948 400	1 234 100
Ньюфаундленд . . . . .	—	500	—	500
<b>Итого . . . . .</b>	<b>21 800</b>	<b>2 239 600</b>	<b>2 811 800</b>	<b>5 073 200</b>
<b>Ю. Америка</b>				
Колумбия . . . . .	—	27 000	—	27 000
Чили . . . . .	—	3 050	—	3 050
Перу . . . . .	700	1 300	—	2 000
Аргентина . . . . .	—	5	—	5
Венесуэла . . . . .	—	5	—	5
<b>Итого . . . . .</b>	<b>700</b>	<b>31 360</b>	<b>—</b>	<b>32 060</b>
<b>Африка</b>				
Южно-Африк. Союз . . . . .	11 600	44 540	—	56 200
Родэзия . . . . .	—	495	75	570
Бельг. Конго . . . . .	—	90	900	990
Южная Нигерия . . . . .	—	—	80	80
<b>Итого . . . . .</b>	<b>11 600</b>	<b>45 125</b>	<b>1 055</b>	<b>57 840</b>
<b>Океании</b>				
Австралия . . . . .	660	132 250	32 660	165 570
Новая Зеландия . . . . .	—	900	2 470	3 370
<b>Итого . . . . .</b>	<b>660</b>	<b>133 150</b>	<b>35 130</b>	<b>168 940</b>
<b>Всего . . . . .</b>	<b>709 508</b>	<b>4 097 803</b>	<b>2 807 096</b>	<b>7 714 407</b>

не-каменноугольное время. Низкая тепло-творная способность, бурая или желтоватая черта, неспособность углей давать спекающийся кокс и другие признаки заставляют отнести угли Подмосковского бассейна к

классу D установленной XII Международным геологическим конгрессом группировки. Из других месторождений сапропеллевых углей необходимо указать на богатые районы Иркутской губ. Один из них (север-

ный) расположен на правобережной плоской возвышенности р. Ии, левого притока р. Оби, несомненно к югу от переселенческого села Хахарей Таугуйской волости, приблизительно в 115—120 км к С.-В. от ст. Тулуз Сибирской ж. д. Другой—находится на восточном берегу р. Ангары, к С.-З. от Иркутска, начинаясь от него уже в 40 км. Угленосная толща обоих районов—юрского возраста. Толща х а р е й с к и й район охватывает площадь около 50 км<sup>2</sup>. Там обнаружены 3 сближенных между собой пласта. Мощность верхнего, разделяющегося на отдельные пакки с различными свойствами,—до 3,8 м; на 2,5 м ниже первого лежит второй пласт, около 2 м мощностью; на 3 м ниже этого пласта имеется нижний пласт, мощностью 0,1 м. Обращает внимание количество летучих в безводном и безвольном угле, составляющее для плотного богхеда 88,8%, для слоистого—81,5% и для сланцеватого—77,4%. Эти данные говорят за то, что мы имеем здесь чисто сапропелитовые образования высокой степени битуминизации. Количество первичного дегтя из этих разновидей—48%, 35% и 27%. При этом получается от 6 до 15% близких к бензинам продуктов и до 17% парафина (от дегтя). Естественна при этих обстоятельствах высокая теплотворная способность—ок. 7 500 Cal. Запас—до 0,7 млрд. т. При а н г а р с к и й район охватывает несколько отдельных месторождений и тянется в северо-западном направлении почти на 10 км. На всем протяжении района имеется около 4 рабочих пластов. Мощность пластов не превосходит 1 м, а богхеда в них—0,5 м. Возможный запас углей—до 5 млрд. т; из них не менее 2—2,5 млрд. приходится на богхеды.

Эти районы представляют в высшей степени ценную базу для развития минерально-масляной и химической промышленности Сибири.

Следует отметить еще одно месторождение кенельского угля в Якутской АССР—Са н г а р с к о е месторождение юрского возраста. Оно расположено по правому берегу Лены в 75 км выше устья реки Вилюя и содержит четыре рабочих пласта угля с общей мощностью 5 м. Теплотворная способность угля 6 118 Cal. Элементарный анализ безводного и безвольного угля дает 71,51% С, 4,60% Н, 0,51% S, 22,2% О, 1,11% N.

Уголь—плотный, мало раушрается от выветривания, что позволяет транспортировать его на значительные расстояния. Содержание золы около 10%. Запасы этого месторождения около 100 млн. т.

Гумусовые угли. Обширных бассейнов одитипного ископаемого горючего в СССР очень мало; обычно один тип переходит в другой в одном и том же бассейне: бурые переходят в каменные или в богхеды (напр. Иркутский бассейн); каменные угли переходят в антрацит (Донецкий бассейн).

Крупнейшим из бурого угльных месторождений является Челябинское, расположенное в 10 км к востоку от г. Челябинска, между р. Миасом на севере и озерами Камышиным и Половинным на юге. Пласты бурых углей подчинены юрским напластованиям, причем угленосная толща

имеет приблизительно меридиональное направление с меридиональным же простиранием пластов угля. В Челябинском районе имеются 3 главные группы пластов, из которых более других разведаны: северная группа, примыкающая к разведану Козырево Омской жел. дор.; южная группа, расположенная в 15 км на восток от г. Челябинска; центральная или Таугуйкульская группа (в 10 км к югу от северной), мало разведанная и в настоящее время не разрабатываемая. Наиболее мощные пласты угля (от 5,3 до 8,5 м) были обнаружены в южной группе. Кроме этих мощных пластов, там же были обнаружены более тонкие пласты—от 0,85 до 2,5 м. Все эти пласты на обследованном южном участке залегают мульдобразно. Часть их до последнего времени разрабатывалась открытыми работами.

Средней мощности пласты угля разрабатываются в настоящее время также на быв. Кыштымских отводах.

Элементарный анализ воздушносухого угля Таугуйкульских копей, произведенный в 1914 г. в лаборатории Gross, chem.-tech. Prüfungs- u. Versuchsanstalt в Карлсруе показал (%):

Углерода . . . . .	53,15
Водорода . . . . .	3,96
Кислорода и азота . . . . .	14,12
Серы . . . . .	0,43
Золы . . . . .	16,48
Влаги . . . . .	11,87
Безводный же и безвольный уголь дает (в %):	
Углерода . . . . .	74,18
Водорода . . . . .	5,51
Кислорода и азота . . . . .	19,71
Серы . . . . .	0,60
Теплотворная способность . . . . .	4 853 Cal

При сопоставлении с влагой (особенно при продолжительном лежании в больших штабелях) способ самовосгорания. Вследствие большого количества влаги, малой плотности и часто резко выработанной структуры по трем почти взаимно перпендикулярным направлениям быстро крошится и рассыпается, особенно же при перегрузках; поэтому при перевозке этого угля на значительные расстояния возникают значительные затруднения.

Разрешение проблемы пылевидного топлива сильно раздвигает границы потребления этого угля. Этому будет способствовать также окончание постройки мощной районной электрической станции на этом топливе. Запасы бурых углей Челябинского района оцениваются примерно в 436 млн. т.

Довольно значительные месторождения бурого угля того же юрского возраста известны на Сев. Урале в пределах бывшего Богословского горного округа. Здесь кроме собственно Богословского месторождения (крупнейшего и наиболее разрабатываемого) имеются Волчанское месторождение и месторождение по рр. Черной и Веселой. Два последних, в которых обнаружены пока 2 пласта угля, мощностью от 1,4 до 1,7 м, плохо разведаны. Что касается Богословского месторождения, то оно представляет собою неглубокую мульду, почти меридионального направления с пологим восточным падением (10—12°) и более крутым западным (30—35°). Угленосные отложения промежуточных толщами глины делятся на 3 свиты. Верхняя из них (А) в настоящее время почти уже выработана открытыми работами. Открытыми же работами значительно выработана и нижележащая свита (В), заключающая 3 пласта от 0,64 до 3 м мощности. Нижняя свита (С) содержит в себе до

24 угольных слоев, иногда значительной мощности (до 1,8 и даже до 1,94 м). Общий запас углей не менее 41 млн. т. Уголь низкого качества с содержанием влаги (в сыром угле из забоев) до 30 и даже до 33%. Тепловорная способность воздушного угля около 5 500 и до 5 900 Cal. Выветривание и разрушение этого угля идет быстрее Челябинского; еще хуже он выдерживает перевозку.

Крупные запасы бурых углей имеются в Сибири. Так, западная часть обширного Иркутского каменноугольного бассейна (Велестовский район) занята бурными углями. Запас их здесь выражается примерно в 2,5—3 млрд. т.

Довольно значительные месторождения юрского возраста имеются также в Забайкальской области. Главнейшие из них: Арабагарское, Черновское и Харанорское, каждое с запасами более 100 млн. т. Арабагарское месторождение с 2 рабочими пластами находится близ разреза Холбин Читинской ж. д. в 20 км от г. Нерчинска. Черновское месторождение с работающей Черновской копейю находится в 20 км к западу от Читы у разреза Черновского. Работами освещен только верхний (первый, или главный) пласт до 7 м мощности. На ю.-з. крыле мулды обнаружены еще 4 пласта. Харанорское месторождение лежит в 3—4 км к югу от разреза № 79, между ст. Борая и Хадябулак Читинской ж. д. и содержит 2 рабочих пласта угля непостоянной мощности: верхний—от 10 до 17 и нижний—от 2,2 до 3,5 м.

Из бурогоугольных месторождений Амурской области необходимо отметить Бурейско-Завитимскую группу, приуроченную к низовьям р. Бурей. Наиболее крупным здесь является Кивдинское месторождение третичного возраста с запасом угля до 187,5 млн. т.

В Приморской области есть несколько месторождений бурых углей третичного возраста. Наиболее известны Артёмовские (бывш. Зубунные) копи, расположенные на 9-й версте Сучанской ж.-д. ветки, где известны два пласта: один мощностью от 1,5 до 4,25 м, другой, лежащий под первым на расстоянии 50—55 м, мощностью от 3,2 до 4,5 м. Тепловорная способность этого угля равна 4 852 Cal.

Из месторождений бурых углей, расположенных в пределах автономных республик, следует отметить: в Якутской АССР—Кангалакское месторождение на левом берегу Лены в 40—50 км ниже Якутска. Месторождение—юрского возраста с 4 рабочими пластами угля: верхний имеет мощность 1—2 м, нижний—среднюю мощность около 3 м. Уголь маловольный (6,5%) и малосернистый. Тепловорная способность 5 071 Cal. Запас на изученной площади—около 15 млн. т.

В Казахск. АССР к этой группе месторождений можно отнести Мангишлякское, Байкаунурское и Майкюбенское—все повидному юрского возраста. Для первого подсчет запасов дает 26 373 000 т, для второго—1 700 000 т и для третьего—на площади около 400 км<sup>2</sup>—60 000 000 т.

В Бурятской АССР следует отметить Гусинозерское месторождение на с.-з. и ю.-в. берегах Гусино озера в 15—40 км от Новоселенгинска. По недостатку данных цифровой запас этого месторождения определить не представляется возможным.

Ряд более мелких бурогоугольных месторождений разбросан и в азиатской и в европейской частях СССР. В европейских пределах следует отметить бурогоугольные месторождения Киевской губ. (возможный запас—7 900 000 т), Херсонской губ. (4 540 000 т) и Днепронетровской губ. (490 000 т).

Гораздо большую роль в развитии промышленности СССР играет каменный уголь. Характеристика месторождения этой разновидности горючего ископаемого см. *Каменный уголь*.

Что касается антрацита, то наиболее крупные его месторождения связаны с Донецким и каменноугольным бассейном. Многие донецкие месторождения по чистоте и высокой калорийности антрацита приобрели заслуженную известность даже за границей (гл. обр. в Италии). В этом отношении особенно ценится антрацит Грушевской котлованы (разработка антрацита здесь началась с конца прошлого столетия), Боково-Хрустальского и Должанского районов Чистяковской мулды; здесь и сосредоточена главная добыча антрацита, составившая в 1926/27 г. несколько меньше 40% всей добычи Донецкого бассейна. Запасы антрацита в Донецком бассейне значительны. По последним данным Геологич. комитета запасы антрацита и полуантрацитов (39 599 млн. т) составляют 58% всех запасов Донецкого бассейна. Правда, большая часть их приходится на полуантрацит.

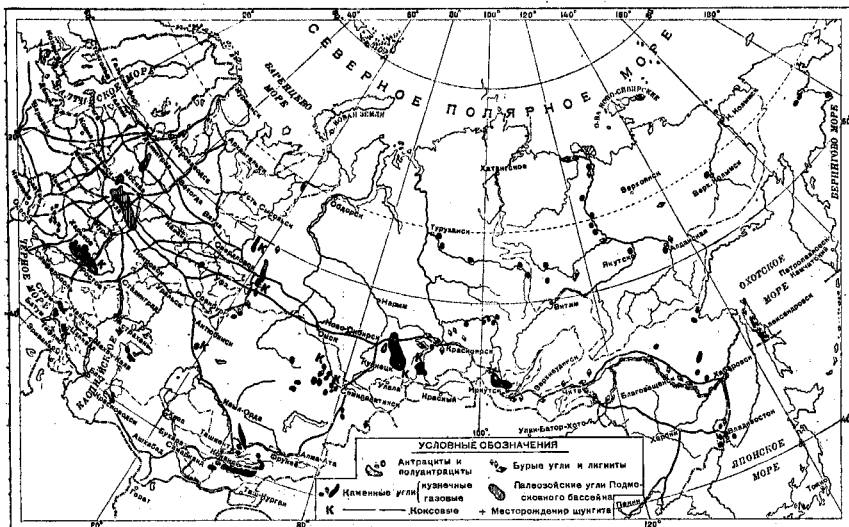
Огромные запасы И. у. той же категории, гл. обр. полуантрацитов, сосредоточены и в Кузнецком бассейне, особенно на его периферии. Из всего количества 400 млрд. т возможных запасов этого бассейна на долю антрацитов и топих углей приходится (ориентировочно) не менее 50%.

Что касается отдельных месторождений антрацита, то они сосредоточены в узкой полосе (0,5—4 км) ниже-каменноугольных осадков, тянущейся по восточному склону Урала почти в меридиональном направлении. Вся эта полоса подверглась чрезвычайно сильной дислокации, отличается обилием складок (часто опрокинутых), весьма частыми тектонич. нарушениями и заката между совершенно чуждыми ей образованиями (иногда кристаллич. породами). Следствием громадных неравномерных боковых давлений является чрезвычайное неспокойствие угольных пластов этой полосы, частые их пережки (иногда до полного выклинивания) и раздвиги, а также большая раздробленность угля в самих пластах. Этим же обстоятельством в значительной степени объясняется и малое содержание летучих веществ в угольных пластах восточного склона: оно составляет 4,5—13%. Только в немногих местах содержания летучих повышается до 18%, в отдельных случаях даже до 27%, и такие угли дают спекающийся кокс. Это наблюдалось в окрестности Каменского завода на реке Исеть, в Сухом Логу, на реке Шакше,

притоке р. Режа, а также в получившем широкую, но пока еще незааслуженную популярность т. н. Алапаевском месторождении (у д. Подосининой).

Наиболее крупным из месторождений антрацита восточного склона Урала является

каменноугольных отложений от поселка Бородинского на севере до поселка Наследникового на юге, Оно расположено на р. Каратыль-Ат близ развезда Орск-Троицкой ж. д. Месторождение подверглось сильному боковому сжатию и представляет повидимому



открыто в 1871 г. Егоршинское месторождение, расположенное на обоих берегах р. Боровки. Точное количество рабочих пластов этого месторождения не установлено: их насчитывают до 16 с общей мощностью до 24—25 м. Анализ углей Артемовской копи (б. Боровской) показал (в %):

	1-я проба	2-я проба	3-я проба
Влаги . . . . .	1,89	1,43	1,23
Летучих веществ . . . . .	7,19	6,55	4,87
Кислота . . . . .	92,51	93,55	91,53
Зола . . . . .	6,84	3,91	16,42
Сера . . . . .	0,66	0,84	5,38
Теплотворная способность . . . . .	7 891 Cal		

К югу от Артемовской копи находятся Ключевская и Бурсувская копи. К югу от последней (прибл. в 20 км) расположена Черемшанская копь, а в 16 км южнее—б. копь Клата-Лара, где разведано на выходах не менее 7 пластов.

Интересно с научной точки зрения Фадинское, или Боевское, месторождение антрацита на р. Богарке: угленосная толща подверглась здесь сильному метаморфизму и графитизации. Сланцы с содержанием графита до 50% разрабатывались под видом графита.

Далее к югу из антрацитовых месторождений этой же полосы следует отметить Полтавское и Брединское месторождения, расположенные вдоль линии Орск-Троицкой ж. д. Полтавское месторождение находится в пределах вытянутой почти на 20 км в меридиональном направлении (вероятно с перерывами), полосы угленосных, нижне-

изоклинальную складку,—может быть и не одну. Пласты местами почти совершенно выжаты и обращены в графит, местами раздуты иногда до 10—15 м мощности. Имеется до 20 рабочих пластов, очень сближенных между собою; средняя мощность пластов до 1—1,25 м. Общая мощность их 20—30 м. Месторождение весьма недостаточно разведано. Анализ антрацита показал такой состав (в %):

	Лаборатория:	
	Донингр.	Златоустовского в-да
Влага . . . . .	2,93	8,62
Летучие . . . . .	5,84	2,42
Кислота . . . . .	90,23	97,38
Углерод . . . . .	—	85,88
Зола . . . . .	5,50	10,84
Сера . . . . .	0,28	0,13
Теплотворная способность . . . . .	7 181 Cal	

Брединское месторождение расположено в той же меридиональной полосе, что и Полтавское, приблизительно в 75 км к югу от последнего и в 6 км от развезда Рымкинского Орск-Троицкой ж. д. Месторождение разведано еще менее Полтавского. Антрацит аналогичного качества, но повидимому более зольистый. Пласты то выклиниваются, сильно при этом графитизация, то раздуваются. Известно до 11 пластов рабочей мощности.

Определить, хотя бы ориентировочно, запас антрацита в месторождениях восточного склона Урала весьма затруднительно вследствие малой разведанности месторождений и чрезвычайной сложности залегания.

Табл. 4.—Запасы ископаемого угля в СССР по данным Геологического комитета (в тыс. т).

Районы	Антрацит и полуантрацит	Каменный уголь	Бурый уголь	Всего
<b>Европейская часть СССР</b>				
Подмосковный бассейн	—	—	8 330 000	8 330 000
Донецкий	39 599 000	28 568 000	—	68 167 000
Западная Украина	—	—	12 930	12 930
Ворюжский район	—	—	7 800	7 800
Зап. склон Урала	—	283 325	—	283 325*
Крым	—	281,5	—	281,5
Сев. Кавказ	6 800	15 235	—	22 035
Северная Печора	—	1 680	—	1 680
<b>Итого...</b>	<b>39 605 800</b>	<b>28 848 551,5</b>	<b>8 350 730</b>	<b>76 805 081,5</b>
<b>Азиатская часть СССР</b>				
Вост. склон Урала	51 550,4	350	476 920	528 820,4
Забайкалье	—	223 900	—	223 900
Кузнецкий бассейн	210 780 000	189 230 000	—	400 010 000
Миусский	—	14 000 000	—	14 000 000
Иркутский	—	46 300 000	5 700 000	52 000 000
Енисейский район	30 000	67 510	—	97 510
Ленский	—	100 090	15 000	115 090
Забайкалье	—	500	319 900	320 400
Амурский район	—	500	375 000	375 500
Приморский	40 190	412 260	163 168	615 618
Сев. Сахалин	—	2 000 000	—	2 000 000
Казахстан	—	4 370 000	87 543	4 957 543
Среднеазиатские республики	—	834 433	—	334 433
<b>Итого...</b>	<b>210 901 740,4</b>	<b>257 528 643</b>	<b>7 137 581</b>	<b>475 567 914,4</b>
<b>Всего...</b>	<b>250 507 540,4</b>	<b>286 377 194,5</b>	<b>15 488 261</b>	<b>552 372 995,9</b>

\* В настоящее время, по подсчетам Урало-Сибирской комиссии ВСНХ СССР, запас каменных углей западного склона Урала (до глубины 1 км от дневной поверхности) близок к 2 000 000 тыс. т; Геологический комитет уточняет эти запасы до 1 680 000 тыс. т.

Последняя сводка Геологического комитета дает: для Егоршинского района 29 850 000 т антрацита и 350 000 т битуминозных углей; для Полтавского месторождения 18 700 000 т антрацита и для Брединского месторождения 3 400 000 т антрацита.

На С. Кавказе известны два месторождения антрацита и полуантрацита каменноугольного возраста: Кефара-Агурское в долине р. Агура, притока Б. Зеленчука, и Богословское—в долине р. Хыз-Гора, притока Б. Зеленчука. Месторождения мало разведаны. Запасы рассчитаны по первому (для площади 0,5 км<sup>2</sup>) в 1 800 000 т и по второму (для площади 1 км<sup>2</sup>) в 5 000 000 т.

В Сибири имеется месторождение антрацита на р. Курейке, выше известного графитового месторождения. Антрацит переслаивается здесь битуминозными углями. Возможный запас—до 30 млн. т.

Небольшое Горловское антрацитовое месторождение (от 7 до 14% легких веществ) лежит к западу от Кузнецкого бассейна по рекам Берди, Выдрихе и Китегне (бассейн р. Оби). Здесь известно 3 рабочих пласта мощностью 5,3—8,1 м. Месторождение разбито рядом мелких и крупных тектонических нарушений и весьма неудобно для эксплуатации.

В Приморской области ДВК мелкие антрацитовые и полуантрацитовые месторождения относятся к верхам триаса и юры. Сюда можно отнести сильно нарушенное Мангуайское месторождение на зап. берегу Амурского залива (3 рабочих пласта

с запасом 1 200 000 т); месторождение Радчиха в 17 км к северу от Шкотова, с запасом 18 000 000 т; месторождение Суражевка (по левому притоку р. Сая-Паузы) с запасом 16 660 000 т. Наконец угли типа антрацита и полуантрацита юрского возраста имеются и в Сучанском районе, где запас их доходит до 4 000 000 т.

Отдельные мелкие месторождения антрацита каменноугольного возраста известны и в восточной части Казахстана. Общая сводка всех известных в СССР запасов ископаемого угля приведена в табл. 4, а месторождения указаны на помещенной карте.

Лит.: Н о в о в ь Е. Г., Сапроновы, пер. с англ., П., 1920; Л е б е д е в Н., Учение о месторождениях полезных ископаемых, вып. 2.—Каменный уголь и другие виды твердого ископаемого горючего, Екатеринослав, 1912 (устарело); У с о в М. А., Геология наусобиилов, Томск, 1920; З а л е с с к и й М. Д., Очерк по вопросу образования угля, СПб, 1914; его же, Естество. история одного угля, «Труды Геолог. комитета», Новая серия, вып. 139, П., 1915; А р б е р Е. А., Естество. история угля, пер. с англ., М., 1914; Очерк месторождений ископаемых углей России, СПб, 1913; Ископаемые угли, «Естество. производств. силы России», т. 4, вып. 20, П., 1915; М о ф ф е р т В., О выветривании минер. угля, СПб, 1910; Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27 г., Л., 1928; G r a n d' E u r y F., Formation des couches de houille et de terrain houiller (Géogénie), P., 1887; F a y o l H., Etudes sur le terrain houiller de Commeny, St. Etienne, 1887; R e n a u l t B., Note sur les cuticules de Tovarkovo, «Bull. de la Soc. d'histoire naturelle d'Autun», Autun, 1895; R e n a u l t B., Sur quelques bacterias des temps primaires, ibid.; D a n n e n b e r g H., Geologie d. Steinkohlenlager, B. 1, В., 1908—15, В. 2, т. 1, В., 1922; P o t o n i é H. u. G o t h a n W., Die Entstehung d. Steinkohle u. d. Kaustobioithe, 6 Auflage, Berlin, 1920; S t u t z e r O., Die wichtigsten Lagerstätten der Nicht-Erze, B. 2.—Kohle (Allgemeine Kohlengeologie),

2 Aufl., B., 1923; Weithofer A., Die historische Entwicklung d. Ansichten über d. Entstehung d. Kohlen u. Kohlenfläze, «Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geologie u. Paläontologie», Stg., 1916, B. 16; The Coal Resources of the World; Canada, 1913, Toronto, 1913, v. 1—3. А. Галесс.

**ИСКРОВОЙ ПЕРЕДАТЧИК**, генератор высокой частоты, использующий колебательный разряд конденсатора через самоиндукцию и искровой промежуток для получения энергии высокой частоты; далее эта энергия б. ч. излучается посредством антенны в пространстве в форме затухающих электромагнитных волн.

**Теория искрового возбуждения электромагнитных колебаний.** Рассмотрим работу эдс на контуре, содержащий емкость, самоиндукцию и сопротивление. Если заряд на конденсаторе  $q$ , а сила тока

$$i = \frac{dq}{dt}, \quad (1)$$

то согласно закону Кирхгофа

$$e - L \frac{di}{dt} - V_c = iR, \quad (2)$$

где  $e$ —эдс,  $V_c$ —напряжение на зажимах конденсатора

$$V_c = \frac{q}{C}, \quad (3)$$

$L$ —самоиндукция. Эдс может создать вынужденное колебание в системе; свободные колебания нашего контура получаются, если  $e=0$ . Тогда согласно уравнениям (1) и (3) ур-ие (2) принимает вид:

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = 0. \quad (4)$$

Ур-ие это имеет решение

$$q = Q e^{-at} \sin(\omega t + \varphi), \quad (5)$$

причем  $Q$  и  $\varphi$  определяются начальными условиями, а  $a$  и  $\omega$ —из следующих соотношений:

$$a = \frac{R}{2L} \text{ и } \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}. \quad (6)$$

Такое решение получается лишь в том случае, когда  $\frac{1}{LC} > \frac{R^2}{4L^2}$ , т. е. если

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (7)$$

(в этом неравенстве все величины выражены в одной и той же системе единиц, например:  $R$ —в  $\Omega$ ,  $L$ —в Н,  $C$ —в Ф). Если неравенство (7) не выполняется, то решение уравнения (5) имеет вид:

$$q = Q_1 e^{-\lambda t} + Q_2 e^{-\lambda' t}, \text{ если } R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (8)$$

$$q = (Q_1 + Q_2 t) e^{-at}, \text{ если } R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (8')$$

причем

$$k_1 = \frac{R}{2L} - \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}$$

и

$$k_2 = \frac{R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}$$

Так как эдс, вынуждающей колебания, в контуре нет, то мы должны предположить, что в контуре имеется нек-рое количество энергии (напр. имеется заряд на конденсаторе, иначе  $Q=0$ ). Поэтому ур-ие (4) носит название уравнения разряда конденсатора, причем при выполнении условия (7) разряд будет колебательным, в

случае (8)—аперiodическим, случай же (8') носит название критического. Теоретич. исследование колебательного разряда конденсатора сделано Томсоном, а затухающий колебательный процесс в контуре впервые экспериментально обнаружен Феддерсоном. Если в выражении для  $\omega$  пренебречь сопротивлением  $R$ , то получим приближенную ф-лу Томсона (см. *Затухание*):

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \approx 2\pi\sqrt{LC}.$$

Точное решение ур-ия колебательного разряда конденсатора дает величину периода:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \cdot \sqrt{1 - \frac{R^2 C}{4L}}, \quad (9)$$

где  $T$  выражено в ск.,  $C$ —в Ф и  $L$ —в Н, или

$$\lambda = 2\pi\sqrt{CL} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2}, \quad (10)$$

где  $\lambda$ ,  $L$  и  $C$  выражены в см. При  $\delta=0,4$  ошибка при пользовании ф-лой  $\lambda = 2\pi\sqrt{CL}$  вместо ф-лы (10) достигает 0,2%. Ур-ие, аналогичное (5), написанное вместо  $q$  для  $i$  и  $v$ , дает следующие решения:

$i = I_0 \cdot e^{-at} \sin \omega t$  и  $V = V_0 \cdot e^{-at} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ . Если  $N$ —число разрядов в 1 ск., то действующая сила тока в колебательном контуре затухающих колебаний определяется формулой:

$$i_g^2 = N \int_0^{\infty} (I_0 \cdot e^{-at} \cdot \sin \omega t)^2 dt = NI_0^2 \cdot \frac{\omega^2}{4a(a^2 + \omega^2)},$$

к-рая после подстановки  $\omega = 2\pi f$  и  $a = f \cdot \delta$  дает:

$$i_g^2 = N \frac{N \cdot I_0^2}{4f \cdot \delta} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2} \approx \frac{N \cdot I_0^2}{4f \cdot \delta}.$$

Начальная амплитуда силы тока  $I_0$  определяется с достаточной точностью, если пренебречь потерями энергии за первую четверть периода. Тогда

$$\frac{CV_0^2}{2} = \frac{L \cdot I_0^2}{2}, \text{ откуда } I_0 = V_0 \sqrt{\frac{C}{L}},$$

где  $C$  выражено в Ф и  $L$ —в Н, или

$$I_0 = \frac{V_0}{30} \sqrt{\frac{C}{L}},$$

где  $C$  и  $L$  выражены в см.; в обоих случаях  $I_0$  выражается в А и  $V_0$  в В.

Далее в практике И. п. имеет большое значение зависимость

$$\delta = a \cdot T = \pi \cdot R \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{R \cdot C}{150\lambda} = 1,7 \cdot \frac{\lambda \cdot R}{L}$$

( $C$  и  $L$  выражены в см), позволяющая определить активное сопротивление контура  $R$  в  $\Omega$  из величин  $\lambda$  (в м),  $C$  (в см) и  $\delta$ , легко находимых из измерений (см. *Измерение в радиотехнике*). Колебательный разряд можно считать законченным, когда амплитуда силы тока упадет до 1% первоначальной величины; так. обр. продолжительность разряда определяется из ф-лы:

$$I_0 \cdot e^{-at} / \tau_m = 0,01 I_0, \text{ откуда } t_{\tau m} = \frac{4,6}{f \cdot \delta}.$$

Если новый колебательный разряд начинается еще тогда, когда колебания от предыдущего не успели затухнуть, т. е. если  $t_{\tau m} > \frac{1}{N}$ , то происходит перекрытие одного колебательного разряда другим. Энер-



гия заряженного конденсатора к моменту окончания разряда выражается на различные потери, т. е. выделяется в виде тепла Джоуля в действующем (эквивалентном) сопротивлении  $R$ ; если разряды происходят  $N$  раз в сек., то мощность колебательного контура

$$P = N \cdot \frac{V_1 \cdot C}{2},$$

где  $C$  выражено в  $F$ .

Для практики интересные периодические заряд и разряд конденсатора, к-рые осуществляются или при помощи прерывателей (электромагнитных, турбинных и нек-рых др.) или при помощи искровых разрядников, составляющих отличительную особенность И. п.

Составляющий неотъемлемую часть всякого И. п. искровой промежуток оказывает большое влияние на весь процесс затухающих колебаний. Искровой промежуток можно рассматривать как некоторое сопротивление, включенное последовательно в колебательную цепь; при этом, изменяя его длину, можно повысить или понизить напряжение, до к-рого будет заряжен конденсатор, пока не пробьется искровой промежуток и не начнется колебательный процесс. Сопротивление искры  $R_f$  м. б. определено формулой

$$R_f = \frac{(1,91 - 2,56)(a_0 + a_1 l)}{I_0}$$

причем коэф-т 1,91 следует брать в том случае, когда  $R > R$  колебательного контура, и коэф-т 2,56—для обратного случая;  $I_0$ —начальная амплитуда силы тока,  $l$ —длина искры в мм; величины  $a_0$  и  $a_1$  зависят от материала электродов (табл. 1).

Табл. 1.—Зависимость коэффициентов  $a_0$  и  $a_1$  от материала электродов.

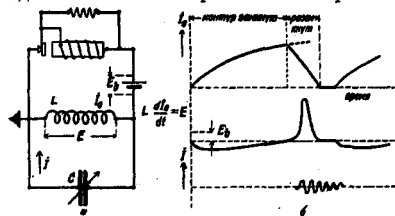
Материал электродов	Значения коэф-тов	
	$a_0$	$a_1$
Mg . . . . .	34	7,6
Zn . . . . .	30	10,4
Cu . . . . .	28	10,9
Ag . . . . .	42	10,4

Сопротивление искры  $R_f$  зависит также от формы электродов (чем меньше радиус электрода, тем  $R_f$  больше) и от газа, окружающего электроды (наибольшее в атмосфере Н). Так как  $R_f$  зависит от силы тока и обратно пропорционально ей, то искру можно рассматривать как нек-рую противоэлектродвижущую силу, тем большую, чем меньше  $I$  (что и подтверждено на опыте Рожанским и Слущкиным).

Поэтому искра не только увеличивает затухание колебаний, но и искажает их: убывает амплитуду следует по закону типа функции  $e^{-at}$ , а другому—линейному:  $E' = E_0 \left(1 - \frac{a}{T} t\right)$ , где  $a$ —линейный декремент затухания и  $E'$ —мгновенное значение эдс

(фиг. 1). Второе искажение в процессе разряда вносится искровым промежутком—потуханием его раньше окончания разряда, следствием чего является остаточный заряд на конденсаторе. Наконец искра (в особенности при электродах из серебра) увеличивает, хотя и очень немного, период колебания контура.

Получение затухающих колебаний высокой частоты при помощи прерывателей находит себе большое применение в практике

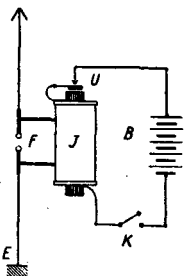


Фиг. 2.

измерений в виде электромагнитных прерывателей, или зуммеров, которые, являясь по существу генераторами звуковой частоты, в то же время выполняют и роль генераторов радиочастоты. Наиболее употребительна схема зуммеров, приведенная на фиг. 2, а. Каждый раз батареи при включении заряжает конденсатор, разряжающийся затем через самоиндукцию. Процессы, происходящие в зуммере, изображены на фиг. 2, б.

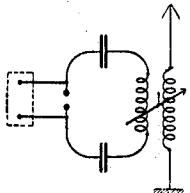
**Практические формы И. п. 1. Станция с трещащей искрой.**

1) Метод прямого возбуждения колебаний в антенне применяется еще А. С. Поповым и Г. Маркони, к-рые пользовались при этом односторонне заземленным вибратором Герда (фиг. 3). Искровой разрядник заряда антенны энергии доставляется вторичной обмоткой индуктора  $J$ , первичная обмотка к-рого питается током батарей  $B$ , прерываемым молоточным прерывателем  $U$  индуктора (число прерываний в сек.  $> 100$ ). Ключ  $K$  служит для замыкания тока и посылки волн надлежащей продолжительности. Схема станции состоит из трех частей: цепи низкого напряжения (источник тока), цепи высокого напряжения (вторичная обмотка индуктора и конденсатор—антенна—земля) и цепи высокой частоты (антенна—искровой промежуток—земля). Такие простейшие станции включаются иногда и теперь в качестве судовых аварийных, так как при малой емкости судовой антенны можно ограничиться маленьким индуктором и небольшой аккумуляторной батареей.



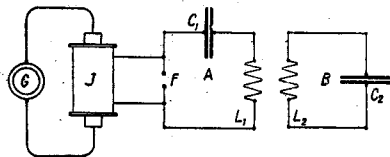
Фиг. 3.

2) Метод косвенного возбуждения колебаний был введен Ф. Брауном как средство уменьшить сильное затухание колебаний в антенне при первом методе, а также повысить кпд антенны; особенно важна была первая цель, т. к. *избирательность* (см.) на приемной станции получалась столь малая, что еще тогда взаимными помехами ставилась преграда одновременной работе многих радиостанций. При косвенном возбуждении искровой промежуток располагался (фиг. 4) в замкнутом контуре, связанном с антенной. При этом: 1) затухание антенного контура уменьшалось, а продолжительность одного заряда увеличивалась; 2) при том же напряжении индуктора в замкнутом контуре можно было иметь в замкнутом контуре большую емкость и меньшую самоиндукцию, что позволяло перейти к большим количествам энергии (т. к. мощность  $P = \frac{CV^2}{2}$ ). Вследствие малого затухания настройка приемника на передатчик с косвенным возбуждением делалась значительно острее. Недостатком этого способа являлась двувольтность системы вследствие обратного воздействия открытой цепи на замкнутую (см. *Связь*); чтобы добиться одновольтности, связь д. б. не более 5—6%, но тогда количество передаваемой в антенну



Фиг. 4.

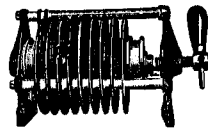
энергии незначительно. Связь замкнутого контура с антенной выбирается индуктивная, автотрансформаторная или гальваническая. Вследствие неудовлетворительной деионизации искрового промежутка при индукторных прерываниях число разрядов в сек. >100 получать было трудно; эта цифра в свою очередь обуславливала высоту звука в телефоне на приемной радиостанции: звук получался в виде тресков большей или меньшей продолжительности—отсюда происхождение названия класса.



Фиг. 5.

П. Станции с тональной искрой. Почти все современные И. п. применяют метод возбуждения, называемый ударным. Особенностью его является наличие двух взаимно сильно связанных систем А и В (фиг. 5); первая из них, в которой возбуждаются колебания за счет генератора тока G, играет относительно второй роль источника внешней силы, на которую последняя реагирует. Действие первичной системы на вторичную совершается при этом периодически и продолжается каждый раз очень короткое

время; поэтому его можно рассматривать как ряд ритмических, быстро следующих друг за другом импульсов или ударов. Эти удары во вторичной системе вызывают однотонные колебания периода и затухания, свойственные только второй системе. Для получения такого процесса необходимо энергично деионизировать среду искрового промежутка или ускорить нормальную деионизацию; тогда искра в первичном контуре может погаснуть преждевременно, во время процесса биений, отсюда происходящие названия *искрогасящий разрядник*. Поэтому последовательный переход энергии первичного контура во вторичный и обратно прекратится, и доставленная этому последнему энергия примет в нем форму собственных его колебаний. Методы достижения ионизации описаны в статье *Беспроволочная связь* (см.).



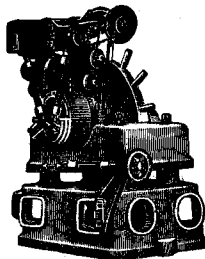
Фиг. 6.

На И. п. применяются два типа разрядников: неподвижный—конструкция Телефункен и вращающийся—типа Маркони. Первый (фиг. 6) состоит из ряда кругообразных плоских медных пластин, рабочая поверхность к-рых покрывается серебром; отвод тепла увеличивается постановкой между отдельными разрядниками больших медных пластин (часто кроме того применяют вентилятор). Форма отдельного искрового промежутка дана на фиг. 7 (длина искры обуславливается толщиной слюдяной прокладки—кольца, зачерненного на фигуре). Для получения больших количеств энергии включалось последовательно до 100 искровых промежутков.



Фиг. 7.

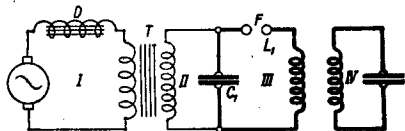
Вращающийся разрядник (фиг. 8) встречается двух категорий: асинхронный и синхронный. В первом из них вращающийся электрод приводится в движение электромотором—этим предоставляется возможность легкого регулирования (гл. обр. числом оборотов мотора) числа разрядов в сек. (высотой тона). Во втором разряднике вращающийся электрод механически связан с питающим И. п. альтернатором повышенной частоты, принцип устройства которого аналогичен схеме индукторной машины высокой частоты (см. *Высокой частоты машина*). В этом случае высота тона будет числом,



Фиг. 8.

кратным числу периодов питающего искрового разрядника. Во всех случаях сигналы принимаются в виде чистого тона, который легко выделяется на фоне атмосферных и других помех.

Значительное улучшение действия И. п. получается при настройке в резонанс цепи низкой частоты. Условием резонанса, т. е. совпадения периодов общего контура I и II,



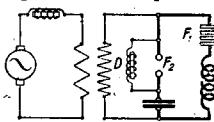
Фиг. 9.

является выполнение в последнем следующих соотношений (уравнение Зейбля):

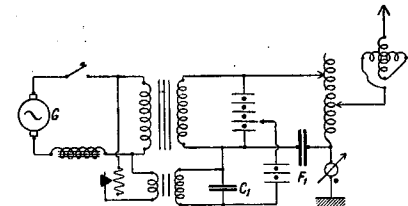
$$T = 2\pi\sqrt{C_1 \cdot L_{2\text{мр.}}(1 - k^2)},$$

где  $T$  — период питающего тока,  $L_{2\text{мр.}}$  — самоиндукция вторичной обмотки трансформатора,  $k$  — коэф-т связи между обмотками трансформатора. На практике регулируют наступление резонанса путем изменения  $T$ , варьируя число оборотов альтернатора, и изменением  $k$  — главн. обр. путем включения реактивной катушки с железом  $D$  в первую цепь, называемую иногда тональным дросселем (фиг. 9).

Значительное увеличение затухающего действия получается при введении срывающих искровых промежутков ( $F_2$  на фиг. 10), выключаемых последовательно с многократным разрядником. При этой схеме заряд конденсатора происходит через железный дроссель  $D$ . Разряд же должен произойти через оба разрядника последовательно, т. к.  $D$  для высокочастотных разрядов представляет преграду. Благодаря этому легче получается чистый (т. е. без парциаль-



Фиг. 10.



Фиг. 11.

ных разрядов) тон. Для сохранения чистоты тона при больших мощностях применяется вспомогательное зажигание (контур  $C_1 F_1$  — фиг. 11).

Полная схема радиостанции с неподвижным разрядником ударного возбуждения дана на фиг. 12 (по этой же схеме в основном построены судовые радиостанции Гос. электротехнич. треста 3-дов слабого тока, описываемые далее). Регулировка энергии достигается изменением числа включенных искровых промежутков. Станции с вращающимся разрядником имеют схемы, представленные на фиг. 13 и 14. При питании по-

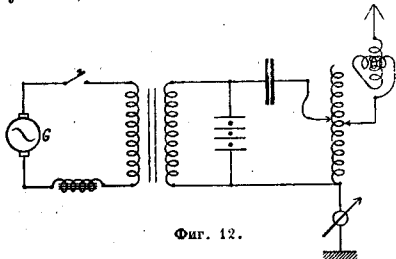
стоянным током процесс в передатчике идет по следующему уравнению:

$$L \frac{d^2 v}{dt^2} + R \frac{dv}{dt} + \frac{v}{CL} = E',$$

где  $E'$  — напряжение заряда, источника постоянного тока. Если, как обычно,  $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ , то решение этого ур-ия дает величину напряжения на конденсаторе в виде

$$V_c = E' \left( 1 - e^{-\frac{R}{2L}t} \cdot \cos \frac{t}{\sqrt{CL}} \right).$$

Т. о. конденсатор при заряде контура, допускающего собственные колебания, зап-

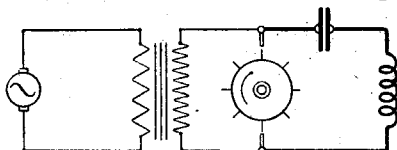


Фиг. 12.

сает энергии примерно вчетверо больше, чем при заряде аperiодического контура:

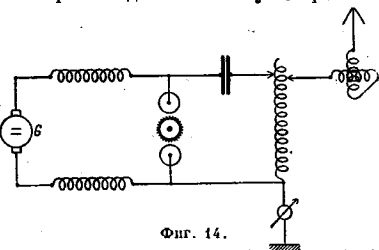
$$W \approx \frac{4E^2 \cdot C}{2}.$$

Искровая радиостанция на Октябрьском поле в Москве, служившая главной радиостанцией в России и в СССР с 1915 до 1925 г.,



Фиг. 13.

была построена по схеме питания постоянным током и имела первичную мощность до 300 kW. Регулировка энергии в станциях с вращающимся разрядником достигается изменением расстояния между электродами и соответствующей регулировкой напряжения. Маркони сделал попытку построить по



Фиг. 14.

принципу искры передатчик с почти неизменяющейся результирующей амплитудой колебания. В этом случае вращающиеся разрядники, расположенные на одном валу,

включаются последовательно каждые четверть оборота в замкнутые колебательные контуры, в которых происходит разряд по вышеописанному. Таким образом результирующая кривая имеет почти постоянную амплитуду (фиг. 15).

**Современные конструкции И. п.** Искровые передатчики теперь встречаются гл. обр. в виде судовых радиостанций, причем применение их на кораблях объясняется большей простотой их эксплуатации, отчасти же — некоторым консерватизмом (по постановлению Вашингтонской конференции 1927 г., постройка новых И. п. для сущи запрещена с 1930 г. для частот  $f < 375$  кц.; замена всех И. п., и в последнюю очередь судовых, на генераторы незатухающих колебаний должна произойти не позднее 1939 г.). И. п. на большинстве современных кораблей встречаются как главные передатчики; в качестве аварийных, работающих от специальной аккумуляторной батареи, расположенных целиком на верхней палубе и предназначенных для подачи сигналов о помощи при аварии судна, теперь применяются почти исключительно тоже И. п. Гос. электротехника, трест «В-до» слабого тока изготовляет судовые И. п. следующих типов (табл. 2).

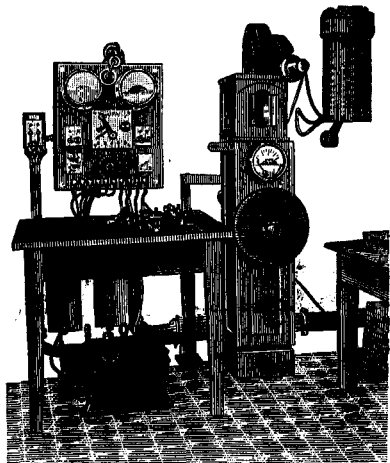
Табл. 2.—Характеристика искровых передатчиков, изготовляемых ГЭТЭСТ.

Тип	Подводим. к трансформатору мощность в kW	Длина фиксирован. воли в м	Дальность действия в км	Число искровых промежутков
P-2..	2	300, 600, 800	440	10
P-1..	1	300, 600, 800	200	8
P-0,2*	0,2	300, 600	100	4
0,5TK	1	300, 600, 800	200	8

\* Исключительно как аварийные.

Схемы всех типов построены почти по одному образцу — ударного возбуждения с искрогасящим разрядником. Источником энергии в типах P-2 (фиг. 16), P-1 и 0,5TK служит умформер соответствующей мощности, дающий при напряжении со стороны электродвигателя в 110 или 220 V переменный однофазный ток частоты 1 000 пер/сек. Далее следует трансформатор, повышающий напряжение до 4 000—6 000 V (в зависимости от типа И. п.), и искрогасящий многократный разрядник. Батарея конденсаторов, вариометр (самоиндукция замкнутого контура), антенный амперметр и удлинительная (антенная) катушка самоиндукции являются главными

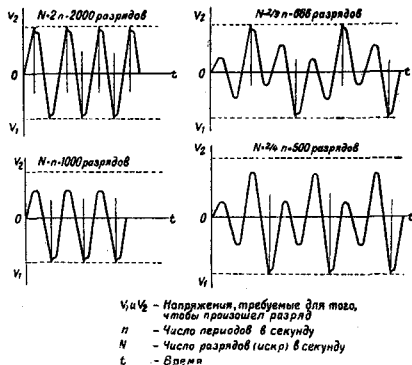
частями И. п. Для предохранения умформера и судовой сети от токов высокой частоты параллельно цепи переменного и постоянного токов радиостанции введены блокиро-



Фиг. 16.

вные конденсаторы. Для охлаждения разрядника во время работы устанавливается вентилятор.

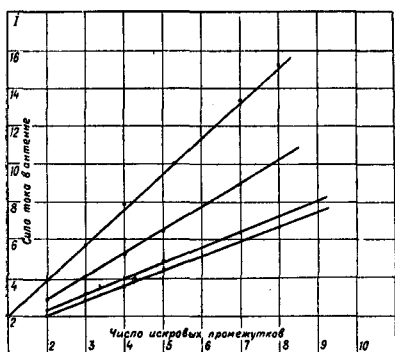
Так как на судовых радиостанциях обычно для приема и передачи служит одна антенна, то для блокировки приемников в цепь возбуждения умформера вводится приспособление, разрывающее эту цепь, если



Фиг. 17.

приемник включен в антенну, и предохраняющее т. обр. приемные аппараты от повреждения. И. п. почти всех судовых радиостанций работают по методу ударного возбуждения и имеют чистый музыкальный тон. Этот последний (т. е. число разрядов в сек.) соответствует числу перемен питающего то-

ка, которое для описываемых И. п. Треста 3-дов слабого тока равно 2 000. Большая высота тона м. б. достигнута лишь за счет парциальных разрядов, что не рекомендуется, так как тогда искра передает пипящий звук. Высоту тона можно изменять: 1) путем изменения частоты питающего тока, что



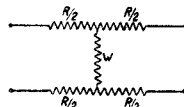
Фиг. 18.

достигается изменением числа оборотов умформера; 2) уменьшением напряжения питающего тока; в этом последнем случае получаются, согласно фиг. 17, частоты искр в 2 000, 1 000, 666 и 500 разрядов в ск. На фиг. 18 показана зависимость силы тока в антенне от высоты тона и числа введенных искровых промежутков. Действующая сила тока в антенне прямо пропорциональна числу введенных искровых промежутков и квадратному корню из числа разрядов.

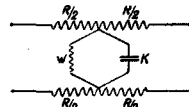
Отличием аварийного типа передатчика Р-0,2 от прочих является работа его через умформер от батарей кислотных аккумуляторов напряжением 24 V и емкостью 200 Ah, рассчитанных на непрерывную шестичасовую работу И. п.

Лит.: Петровский А. А., Научные основания беспроводной телеграфии, ч. 1, СПб, 1913; Луценко Н. Н., Основы теории радиотехники, Л., 1927; Черданцев И. А., Электромгнитные колебания и волны, М., 1924; Зелевск J., Elektromagnetische Schwingungen u. drahtlose Telegraphie, Stg., 1905; Seibt G., Über Resonanzinduktoren u. ihre Anwendung in d. drahtlosen Telegraphie, ETZ, 1904, Jg. 25, p. 276; Eichhorn, Über eine Methode d. Stosseregung elektr. Schwingungen u. ihre Anwendung in d. radiotelegraph. Messtechnik, «Mittell. d. Phys. Ges. in Zürich», Zürich, 1916, B. 18; Wien M., Über die Dämpfung von Kondensatorschwingungen, «Physikal. Ztschr.», Leipzig, 1906, B. 7, p. 374; Seelig E., Der Elektrizitätsdurchgang durch Gase, «Siemens-Ztschr.», B., 1923, H. 6, p. 280; Wien M., «Physikal. Ztschr.», Lpz., 1908, B. 8, p. 871 u. 1908, B. 9, p. 49; Boas K., «Jahrbuch d. drahtlosen Telegr. u. Teleph.», Lpz., 1912, B. 5, p. 563; Schmidt K., Das Arbeiten d. Mittelfrequenzmaschinen auf d. Löschfunkensender, «ETZ», 1919, Jg. 40, p. 502; Falkenthal E., Der Pendelumformer, «Jahrbuch d. drahtlosen Teleph. u. Telegr.», Lpz., 1919, B. 13, p. 526; Eichhorn, Telefunken-Hilfszündung, ibid., 1919, B. 7, p. 607; Hallborg H., Resonanzerscheinungen im Niederfrequenzkreis d. radiotelegraph. Sendestationen, ibid., 1916, B. 10, p. 75; Martens F. und Zickner S., Über die mittelfrequenten Vorgänge in Tonfunkensendern, ibid., 1920, Jg. 15, p. 266; Rein H., Der radiotelegraphische Gleichstromsender, «Physikal. Ztschr.», Lpz., 1910, B. 11, p. 591; Зелевск J. u. Риккерс H., Lehrbuch d. drahtlosen Telegraphie, Stg., 1925; Дикерс, Electric Oscillations a. Electric Waves, N. Y., 1920.

**ИСКУССТВЕННАЯ ЛИНИЯ**, в телефонной технике четырехполюсный контур с сосредоточенными постоянными, воспроизводящий все или часть свойств действительной линии. На практике применяются следующие простейшие типы И. л. 1) И. л. без искажения, составленная из безиндукционных



Фиг. 1.



Фиг. 2.

омич. сопротивлений по схеме фиг. 1 и воспроизводящая для одной частоты модуль волнового сопротивления  $Z$  и затухание  $b$  в действительной линии. Расчет элементов такой И. л. производится по ф-лам:

$$R = Z \operatorname{tg} b,$$

$$W = \frac{Z}{\sin b}.$$

2) И. л., составленная по схеме фиг. 2 и воспроизводящая для двух частот  $\omega_1$  и  $\omega_2$  затухание действительной линии  $b_1$  и  $b_2$  и для одной частоты  $\omega_0$ —модуль волнового сопротивления  $Z$ . Расчет элементов такой искусственной линии производится следующим образом. Из уравнений

$$4c_1^2 \frac{e^{2b_1}}{(e^{2b_1} + 1)^2} + 4\omega_1 c_2^2 \frac{e^{2b_2}}{(e^{2b_2} - 1)^2} = 1$$

и

$$4c_1^2 \frac{e^{2b_2}}{(e^{2b_2} + 1)^2} + 4\omega_2 c_2^2 \frac{e^{2b_1}}{(e^{2b_1} - 1)^2} = 1$$

определяются постоянные  $c_1$  и  $c_2$ ; далее, получаем величины  $W$  и  $K$  из выражений:

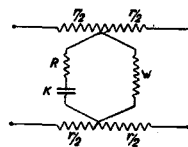
$$W = \frac{R}{c_1 - 1} \quad \text{и} \quad K = \frac{c_2}{R}.$$

Величина  $R$  определяется из ф-лы

$$\left(\frac{Z}{R}\right)^2 = \left[1 + \frac{2(c_1 - 1)}{(c_1 - 1)^2 + \omega_1^2 c_1^2}\right]^2 + \left[\frac{-2\omega_2 c_2}{(c_1 - 1)^2 + \omega_1^2 c_1^2}\right]^2.$$

Для определения  $c_1$  и  $c_2$  обычно берутся частоты  $\omega_1 = 4000$  и  $\omega_2 = 7000$ , для определения  $R$ —частота  $\omega_0 = 5000$ . И. л. описанного типа достаточно точно соответствует бронзовой линии, но не годится для воспроизведения свойств тех линий, к-рые обладают большим искажением, т. е. железных и кабельных.

3) И. л., собранная из нескольких звеньев, составленных по схеме фиг. 3, воспроизводящая с достаточной для практики точностью модуль и угол волнового сопротивления  $Z$  и затухание действительной бронзовой или железной линии в пределах важнейших разговорных частот. Расчет элементов такой искусственной линии несколько сложен, и экспериментальный подбор их представляет более простой способ решения задачи. В качестве примера приведем данные, соответствующие участку бронзовой 4-мм воздушной линии с затуханием  $b = 0,2$  непера:  $\frac{r}{z} = 34 \Omega$ ,  $R = 3500 \Omega$ ,  $W = 45000 \Omega$ ,  $K = 0,22 \mu\text{F}$ . Особую



Фиг. 3.

группу составляют И. л., воспроизводящие входное сопротивление действительных линий и применяемые для уравнивания impedances усилителей.

Лит.: К о в а л е н к о в В. И., Телефонирование на большие расстояния, ч. 1, И., 1925 (литур.); В e i s i g F., Theoretische Telegraphie, Telegraphen- und Fernsprechtechnik in Einzeldarstellungen, hrsg. v. Th. Krass, В. 7, 2 Auflage, Braunschweig, 1924; K e n n e l l y A. E., Artificial Electric Lines, New York, 1917. И. Басов.

**ИСКУССТВЕННЫЙ ШЕЛК, непрерывная нить, получаемая синтетич. путем и представляющая собой материал для производства тканей, трикотажных и др. изделий.**

**История.** Ден искусственного получения нити наиболее выпуклаемой шелководящими органами червь издавна занимала умы ученых и исследователей. Первые эта мысль была высказана еще в 1667 г. Р. Гукон в его «Микрографии». Несколько позднее эту же мысль более подробно развил Реомюр (1683—1757 г.). Лишь сто лет спустя появились вновь интерес и идеи, высказанные впервые Гуком и Реомюром. В 1842 г. манчестерский фабрикант шелка И. Шваре выставил медаль первой мысли об искусственной нити, но по полученным на этой машине образцы. Значительный шаг вперед был сделан Аулермарсом из Лозанны, к-рый в 1855 г. взял в Англию патент на изготовление искусственных нитей из коры тутового дерева. Способ Аулермарса состоял в превращении целлюлозы коры тутового дерева, путем обработки ее азотной и серной к-тами, в нитроцеллюлозу, к-рая затем растворялась в смеси спирта и эфира в растворе вязкости небольшое количество каучука. Погружая в этот раствор иголку и вытаскивая ее, Аулермарс получал нить. При испарении спирта и эфира на воздухе нить отвердевала. Через два года после Аулермарса Юв (Hughes) в Манчестере предложил способ получения шелковых нитей из желатина. В 1862 г. французы Ованам получили лабораторным путем искусственную нить, пропавшая в эфире в растворе вязкости, через очень тонкие отверстия. Следующим важным этапом в истории искусственного волокна был 1877 г., когда англичанин Суон (Joseph Wilson Swan) получил искусственную нить из раствора нитроцеллюлозы в уксусной кислоте. Все эти работы имели лишь предварительный характер и не разрешили проблемы получения искусственного волокна; ее суждено было разрешить французскому ученому Илезу Шардоне (1859—1924 г.). Способ Шардоне состоял в том, что он растворял около 3 в нитроцеллюлозы в 100 в смеси равных частей спирта и эфира, полученный раствор профильтровывал и затем пропускал его через стеклянную трубку с тонким наконечником (диаметр 0,1 мм). Раствор поступал в резервуар, наполненный водой, подкисленной 0,5 в азотной кислоты. Способ Шардоне, имея исходным материалом дорожное хлопковое волокно, хотя и в виде отбросов, а также дорожное стоющие химические материалы—спирт и эфир, к-рые регенерировались в небольшом %, не мог дать достаточно дешевого рыночного продукта. В результате поисков более дешевого и совершенного способа был предложен медноаммиачный способ получения искусственной нити. Еще в 1857 г. Швейер выяснил, что целлюлоза растворима в аммиачном растворе окиси меди (швейерев реактив). В 1897 г. медноаммиачный шелк был получен фабричным путем: вскоре однако у него появились серьезные конкуренты—в и с к о в н ы й ш е л к. В 1892 году английские ученые Кросс, Беван и Вильд получили патент на новый способ изготовления растворов целлюлозы. Эти ученые, обрабатывая целлюлозу едкой щелочью, получали щелочную целлюлозу (алькалещеллюлозу), которая после процесса созревания и обработки сероуглеродом давала кантогенат целлюлозы, обладающий способностью растворяться в воде со щелочью. Раствор получал название вискозы. Исходным материалом для вискозного производства является целлюлоза древесины, которая значительно дешевле целлюлозы, получаемой из волокна, да и все основные химич. материалы вискозного производства дешевле, чем в предыдущих способах. Благодаря этому вискозный способ очень быстро получил распространение и в настоящее время занимает доминирующее положение в производстве И. ш. При всех своих достоинствах—дешевизне и сравнительной простоте производства—вискозный шелк имеет крупный недостаток—неустойчивость к влаге: волокно во влажном состоянии теряет крепость на разрыв и растяжимость. Неудовлетворительное решение этого вопроса дал четвертый способ получения искусственной нити—из ацетицеллюлозы—так наз. а ц е т и л л о з а,

ш е л к. В 1869 г. Шютценбергер и Наудин получили ацетат целлюлозы. Однако первый патент на получение искусственного волокна по этому способу был взят в 1894 г. Кроссом и Беваном, к-рым и принадлежит честь изобретения фабричного способа получения ацетатцеллюлозы. Особое развитие производство ацетатного шелка получило после войны 1914—18 гг. Представляя собою слонный эфир клетчатки, ацетатный шелк по своим механич. и физич. свойствам ничем не отличается от естественного шелка. Искусственного волокна и потому имеет в будущем большие перспективы; однако сложность производственных процессов, недостаточная научная разработка вопросов ацетицирования клетчатки и наконец высокая стоимость ацетатного шелка задерживают развитие этого способа. В настоящее время применяются четыре основных способа производства, и: 1) нитроцеллюлозный, 2) медноаммиачный, 3) вискозный и 4) ацетатный. Доминирующее положение занимает, как уже сказано, вискозный способ, по которому вырабатывается в настоящее время до 8% всего искусственного волокна, тогда как по нитроцеллюлозовому производится лишь 7,5 %, по медноаммиачному—1,5 % и по ацетатному—3%. Еще первыми исследованиями проназвано именованное исходным термином целлюлозой, хотя и было много попыток применения других материалов, но без практических результатов (см. *Волокна искусственные*).

**Техника производства И. ш.** Процесс производства синтетич. нити включает в себе три стадии: 1) приготовление прядильного раствора, 2) прядение нити (процесс волочения), 3) приведение полученной нити в готовый вид (размотка, бегление, крашение и пр.). В качестве прядильного раствора, как уже упомянуто, в настоящее время употребляются исключительно растворы целлюлозы и ее соединений или в виде гидрата целлюлозы, по хим. составу близко стоящего к чистой целлюлозе, или в виде сложных эфиров целлюлозы. Целлюлоза, или клетчатка, представляет собой углеводов, являющийся главной частью клеточных стенок растительной ткани и придающий ей устойчивость. Целлюлоза не растворима в воде, но растворяется в концентрированном водном растворе хлористого цинка и в аммиачном растворе окиси меди (раствор Швейера). Она очень стойка по отношению к химич. воздействиям. При действии концентрированных растворов щелочей образуются гидраты целлюлозы вида  $(C_6H_9O_5)_nNaOH$ , которые являются промежуточными продуктами в вискозном производстве. При действии воды на гидрат целлюлозы щелоч отщепляется, и целлюлоза восстанавливается, но с несколько иными свойствами, чем исходный материал: с большей гигроскопичностью, с большей поглощательной способностью красителей и с более высокой способностью к гидролизу. По отношению к кислотам целлюлоза менее постоянна. Имея свободные гидроксильные группы, целлюлоза при действии сильных кислот или их ангидридов в присутствии катализатора может давать сложные эфиры к-т, получившие большее применение в технике. Так, при обработке смесью серной и азотной к-т целлюлоза дает сложные эфиры азотной к-ты, к-рые носят название нитроцеллюлоз. Продукт более низкой нитрации растворим в смеси спирта и эфиром—коллоидная вата (пелоксилан), к-рая является исходным материалом для приготовления И. ш. по способу Шардоне. При обработке целлюлозы уксусным ангидридом в присутствии катализатора (серной к-ты или хлористого цинка) получают уксусные эфиры целлюлозы, или а ц е т и л л о з а, служащая

для приготовления И. ш. по ацетатному способу. Следует отметить еще одну очень важную реакцию целлюлозы: при действии сероуглерода на целлюлозу, предварительно обработанную щелочью (алкалицеллюлозу), получается ксантогенат целлюлозы, водный раствор к-рого получил название вискозы, дающей вискозный шелк.

В производстве И. ш. пока получили применение лишь хлопковое волокно — в виде короткого волокна (линьтера), получающегося при джинировании хлопка, или в виде угаров хлопкопрядильного производства — и сульфитная целлюлоза древесины. Хлопковое волокно в среднем содержит (по Георгиевичу) (в %):

Целлюлозы . . . . .	87—91
Воды . . . . .	7—8
Жирных и смолистых веществ . . . . .	0,4—0,5
Азотистых соединений . . . . .	0,5—0,7
Зола . . . . .	0,10—0,2

Лучшие сорта сульфитной целлюлозы в абсолютном сухом состоянии содержат (по Эггерту) (в %):

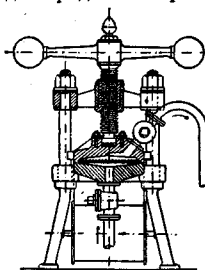
Целлюлозы . . . . .	88,8
Гемиллюлозы . . . . .	10,9
Зола . . . . .	0,3

Были предложены многие другие материалы, как солома, стебли конопли, рами и др. растений, но они практич. применения для этой цели не получили. Из физич. свойств целлюлозы особенно важным для производства И. ш. являются: способность быстро впитывать химич. растворы, что ускоряет процессы производства шелка и крашения, и определенная вязкость раствора (вискозность). Низкая вязкость (что бывает при сильно расщепленной молекуле целлюлозы, когда образуются уже окись и гидроокись целлюлозы) дает нить слабую и неудовлетворительного качества; с другой стороны, растворы с большой вязкостью с трудом проходят через отверстия фильтров при прядении.

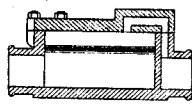
Сульфитная целлюлоза поступает на ф-ки искусственного шелка в виде листов картона с 12—13% влажности и, будучи высушена, непосредственно идет в производство. Применение хлопкового волокна для производства И. ш. требует предварительной тщательной его очистки как механической, так и химической. Первая состоит в том, что хлопковое волокно для очистки и взрыхления пропускается через волчок, затем через трепальную машину и наконец через шпальную машину. Химич. очистка заключается в кипячении хлопкового волокна в течение нескольких часов в 2—3%-ном растворе соды; в случае сильного загрязнения волокна в раствор соды прибавляют 2—3% едкого натра. После варки волокно отбеливается и после кислотки и тщательной промывки высушивается.

Процесс приготовления прядильного раствора изменяется в зависимости от способа приготовления шелка (см. ниже, а также *Вискозный шелк*). Общим при изготовлении прядильного раствора для всех видов И. ш. является процесс фильтрования раствора для удаления из него всех нечистот и твердых частиц, а также пузырьков воздуха. Для фильтрования растворов применяются

камерные фильтры (фиг. 1, 2). В качестве фильтрующего слоя применяют шерстяные и хлопчатобумажные ткани, а также вату; для прядильного раствора медноаммиачного шелка раньше пользовались песочными фильтрами, а в настоящее время применяются сита из железной или никелевой проволоки. В виду больших требо-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

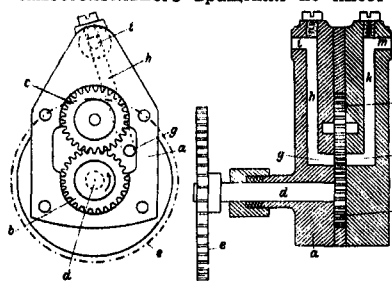
ваний, предъявляемых к чистоте прядильного раствора, его приходится пропускать через фильтры несколько раз. Удаление из раствора пузырьков воздуха осуществляется во время процесса созревания раствора и нахождения его в течение нескольких дней в больших баках.

Прядение. Прядение искусственного волокна может производиться сухим или мокрым способом, причем, в зависимости от готового фабриката, прядильные машины разделяются на следующие группы: 1) для И. ш., 2) для короткого волокна, 3) для искусственного коноского волоса. В основном прядильные машины состоят из чугунной станины, на которой укреплены: 1) приспособления для подведения прядильного раствора, состоящие из труб, насоса, фильтра и отверстий для пропуска прядильного раствора; 2) приспособления для восстановительной ванны, состоящие из корыта и системы труб; 3) прибор для наматывания нити. В машинах для сухого прядения первые два приспособления отпадают.

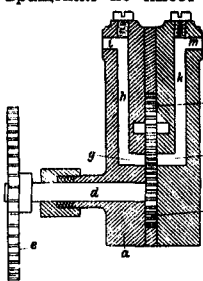
Прядильный раствор может поступать из баков в машину тремя способами: 1) под давлением сжатого воздуха, 2) под гидравлическим давлением, 3) с помощью нагнетающего насоса. Наибольшее распространение получил последний способ.

Практика производства показала, что помимо общего механизма, нагнетающего прядильный раствор ко всем машинам, необходимо ставить у каждой прядильной фильеры (аппарат, пропускающий прядильный раствор в восстановительную ванну) отдельные насосы, регулирующие подачу раствора. Работа этих насосов имеет исключительное значение в деле получения равномерной нити. В настоящее время наибольшее распространение имеют поршневые прядильные насосы системы Тетлей и Клейтон (Tetlay & Clayton), разработанные ими для англ. фирмы S. Courtauld & Co., и насосы с зубчатой передачей, основанные на принципе подачи прядильного раствора вращением двух хорошо пригнанных друг к другу зубчатых колес. Наибольшее распространение получил насос конструкции Кютнера (фиг. 3 и 4), состоящий из пары зубчатых колес *b* и *c*, заключенных в

коробке *a*. Зубчатка *b* сидит на валу *d* и получает вращение от зубчатки *e*. Зубчатка *e* самостоятельного вращения не имеет и

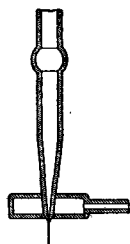


Фиг. 3.



Фиг. 4.

получает его от зубчатки *b*. Прядильный раствор поступает через отверстие *i*, канал *h* и отверстие *g* к месту сцепления шестерен *b* и *c* и через отверстие *j*, канал *k* и отверстие *m* подается фильере. Новейшие конструкции зубчатых насосов позволяют очень точно устанавливать и изменять расстояние между зубчатками *b* и *c* и точно регулировать толщину нити. Техническая нить искусственного шелка состоит не из одной, а из нескольких элементарных нитей и м. б. дана одной или несколькими фильерами. В виду этого фильеры м. б. или с одиночным отверстием или с группой отверстий. Первые дают только одну элементарную нить, и для получения одной технической нити необходимо столько фильер, сколько элементарных нитей в одной технич. нити. Сложность такого аппарата является главным недостатком системы одиночных фильер, но они имеют некоторые преимущества, т. к. дают возможность выключать загрязненные фильеры, не нарушая т. о. работы других фильер. Все же наиболее распространены групповые фильеры, которые представляют собой цилиндр небольшой высоты, дно которого усеяно концентрически расположенными отверстиями. Число отверстий и их диаметр находятся в зависимости от толщины нити и числа элементарных нитей в составе технич.

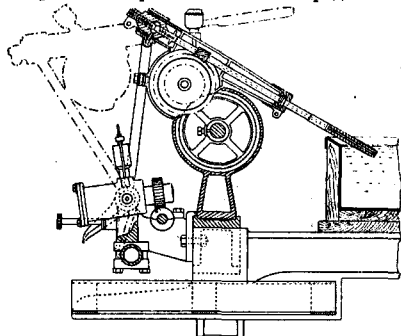


Фиг. 5.

нити. Число отверстий варьируется в настоящее время в пределах от 22 до 100; диаметр отверстия обычно бывает от 0,05—0,1 мм, доходя для очень тонких нитей даже до 0,025 мм. Фильеры делаются из стекла, платины, золота, сплава золота с платиной или палладием. Наилучшими считаются платиновые фильеры. Попытки готовить фильеры из других металлов — серебра, никеля, молибдена, тантала — не дали и до сих пор положительных результатов.

В стремлении усовершенствовать прядильный процесс, облегчить образование нити в восстановительной ванне, дать возможность лучшей регулировки толщины нити и лучшей крутки нити во время ее образования было предложено много различных конструкций

фильер. Об-во Линкмейер (Linkmeyer) предложило фильеру (Г. П. 168830), в к-рой прядильный раствор, выходя из нее, непосредственно охватывается раствором восстановительной ванны (фиг. 5). Бернштейн (Г. П. 216391) предложил фильеру, в к-рой регулировка толщины нити осуществляется при помощи двух диафрагм — одной неподвижной, другой подвижной. Вращением последней можно регулировать открытие отверстий первой от наибольшей их величины до полного закрытия. Для сообщения нити крутки во время ее образования было предложено



Фиг. 6.

большое число вращающихся фильер. Наиболее усовершенствованная конструкция такой фильеры принадлежит фирме Тетлей и Клейтон (фиг. 6). На пути между фильерой и намоточной нитью проходит ряд направляющих роликов и других приспособлений



Фиг. 7.

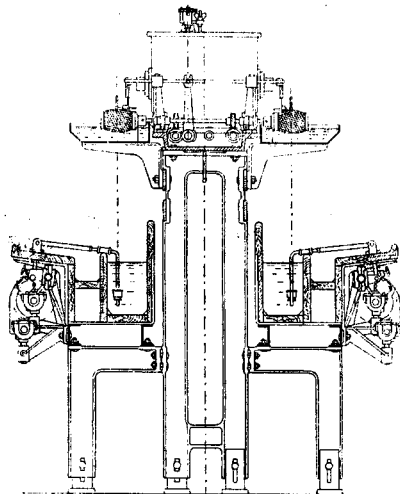
(фиг. 7). Водки должны быть сделаны из гладкого материала, который не расщеплял бы нити. Наилучшим для них материалом нужно признать стекло и фарфор. Для облегчения движения нити ее направление должно совпадать с направлением движения жидкости в восстановительной ванне.

Для наматывания нити применяются три типа приспособлений: бобины, мотовила, центрифуги. Наиболее старой системой, которая применя-

ется и в настоящее время, является бобина (фиг. 8, 9). При бобинной системе нить наматывается на полый цилиндр, сделанный из фарфора, стекла, целлюлозы, каучука, дерева, папье-маше или металла; из металлов наибольшее распространение получил алюминий. Бобины из металла и папье-маше покрываются лаком. Бобины обыкновенно снабжаются небольшими заплечиками для предохранения нити от сползания или повреждения ее при последующей обработке. Длина бобины колеблется от 12 до 50 см; наиболее употребительная

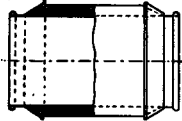


длина 16—20 см. Для грубых нитей, напр. для искусственного конского волоса, употребляются бобины длиной до 100 см. Диаметр бобины обычно равен половине ее длины. Для удобства дальнейшей обработки нити на одну бобину наматывают не более 20—30 г. Бобина на машине не имеет собственного вращения и получает его от соприкасающегося с ней валика, к-рый имеет самостоятельное вращение. Мотвила (фиг. 10) употребляются лишь в прядении грубых нитей, не требующих крутки, напр. синтетический конский волос. Как правило для каждой нити имеется отдельное мотовило, но



Фиг. 8.

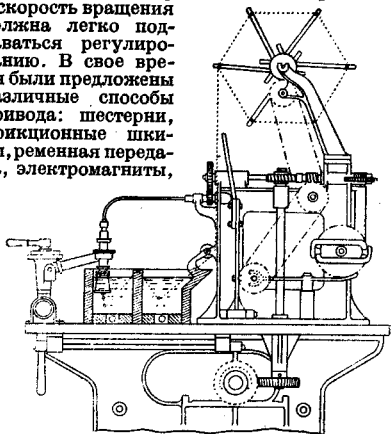
иногда встречаются мотовила на 2—10 нитей. Центрифуги (фиг. 11 и 12) благодаря своей большой производительности, а также способности давать нити большую крутку получили очень большое распространение. Принцип, по к-рому они построены, состоит в том, что нить, попадая на дно быстро вращающегося цилиндра, благодаря центробежной силе прибивается к его стенке и получает натяжение; вместе с тем этот прибор сообщает нити крутку: выходящая из фильеры нить, падая в коробку отвесно и делая затем угол ок. 90°, получает крутку, равную  $N:V$ , где  $N$ —число об/сек. центрифуги, а  $V$ —скорость подачи нити (в м/сек). Диаметр центрифуги от 15 до 21 см. Первоначально центрифуги делались исключительно из алюминия, и для прочности внутренняя стенка их по-



Фиг. 9.

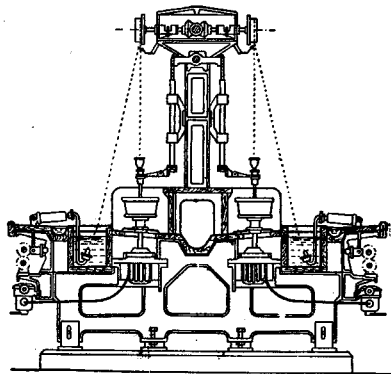
крывалась лаком или снабжалась стеклянными или эбонитовыми вкладышами. В настоящее время получили большое распространение бакелитовые горшки. Очень важным вопросом является способ вращения

центрифуги. Для получения большого числа оборотов (до 5000 об/мин.) центрифуги должны быть хорошо выбалансированы, и скорость вращения должна легко поддаваться регулированию. В свое время были предложены различные способы привода: шестерни, фрикционные шкивы, ременная передача, электромагниты,



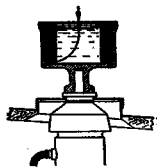
Фиг. 10.

отдельные моторы и отдельные турбинки для каждого веретена центрифуги. В настоящее время применяются: ременная передача как



Фиг. 11.

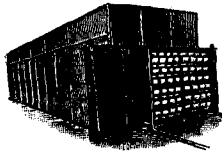
наиболее простая, дешевая и дающая сравнительно спокойное вращение и система отдельных моторов, более дорогая, но зато наилучшая в смысле равномерности вращения и легкости регулировки. Из указанных систем в производстве искусственной нити в настоящее время имеют наибольшее применение бобинная и центрифугальная системы. Первая система проще в смысле аппаратуры и обслуживания, дешевле по оборудованию и применяется преимущественно для шелка тонких гитров—150 и тоньше. Преимуществом цен-



Фиг. 12.

трифугальной системы является ее высокая производительность.

После прядения нить И. ш. подвергается целому ряду операций: промывке, сушке, крутке, рамотке в мотки, белению, крашению, мячению, аппаратуре; кроме того необходимо, смотря по способу производства, денитрировать ее (при нитропроцессе), освободить от меди (при медноаммиачном способе) или от серы (при вискозном способе); иногда бывает необходимо еще прилить ей большую устойчивость против влаги. Первая мойка обычно проводится или на бобинах в специальных аппаратах или в виде мотков в больших барках. Из применяемых для этой цели аппаратов следует указать на аппараты системы Кютнера, Фремери и Урбана и Пинеля.



Фиг. 13.

Сушка производится не до конца; 8—10% влажности необходимо оставить в нити; это придает ей эластичность, сохраняя крепость, и облегчает перемотку. Шелк, предназначенный для крутки, перематывается обычно на шпули, так как на крутильной машине веретена вращаются с большой скоростью и их вес должен быть возможно малый. Для крутки и употребляются большей частью многостажные крутильные машины того же типа, что и для натурального шелка. Для дальнейшей обработки И. ш. перематывается в мотки на обыкновенных мотальных машинах. Беление искусственного волокна м. б. проведено различными способами. Наиболее дешевым является беление хлорной известью, но известь вредно действует на волокно, особенно при нитроцеллюлозном способе. Хорошие результаты дает беление  $H_2O_2$ . Удобен также способ беления с помощью электролиза. Беление производится как в отдельных барках, так и в закрытых аппаратах с постоянной циркуляцией раствора. Прибавление нейтрального раствора к белильному раствору действует очень хорошо на процесс беления, ускоряет его и придает шелку мягкость и лучшее туше. Рекомендуется также перед белением мыльная ванна ( $t^{\circ} 60^{\circ}$ ) в течение 30 м., но эту ванну можно применять и после беления. После беления материал подвергается к и с л о в к е. Для кислотня применяются различные кислоты: серную, соляную, уксусную, азотную. Самой дешевой является обработка серной к-той. Азотная и уксусная кислоты обладают способностью придавать шелку скрип, характерный для натурального шелка. Преимущество соляной к-ты в том, что она м. б. очень быстро удалена водой. После кислотня шелк хорошо промывается, отжимается и высушивается. Вторая сушка шелка—в мотках—проводится также в автоматич. сушилках системы Гааса (фиг. 13). Важным моментом при сушке является  $t^{\circ}$ . Высокая  $t^{\circ}$  придает шелку больше блеска, но понижает его механические свойства. Для получения лучшего блеска иногда производят первую сушку

(до беления) с натяжением. В настоящее время существуют аппараты, в которых все перечисленные процессы—беление, кислотня, промывка и сушка—идут непрерывным потоком и материал движется в машине автоматически, но они большого распространения пока не получили.

Из механич. способов отделки И. ш. подвергается шевелированию и калаандрированию. Первая операция состоит в том, что моток шелка надевается на крюк и сильно скручивается при одновременной вытяжке. Калаандрирование производится на калаандрах со стальными полированными вальцами.

Недостаточная крепость шелка на разрыв, в особенности в увлажненном состоянии (главный его недостаток), побудила многих исследователей искать способ увеличения крепости нити путем прибавления различных веществ в прядильный раствор. Так, было предложено прибавлять в прядильный раствор скипидар, эфирные масла и пр. Барди (Ф. П. 313464) предложил обрабатывать шелк 50%-ным раствором серной кислоты при  $15-20^{\circ}$ . Другие предлагали удалять влагу из нити, в предположении, что при этом дериваты целлюлозы—полигидроцеллюлоза и гидроцеллюлоза—должны восстановиться в целлюлозу. В качестве поглощающих влагу веществ служили алкоголь, эфир, бензол, сероуглерод, хлористый кальций. Было предложено также пропитывать нить раствором каучука. Но и этот способ не получил распространения в виду того, что он сильно удорожал производство искусственного шелка.

Последней операцией, и весьма ответственной, является сортировка. Она производится вручную, на-глаз и наощупь, причем сортировщица перебирает руками весь моток. Наиболее простой сортировкой является распределение на 3 сорта и на отброс. К первому сорту относится шелк, который имеет согласку по тонине, гладкую, нераспеленную нить, отличается чистой, хорошим блеском и равномерной окраской, шелковист наощупь. Каждая из заграничных ф-к имеет свою особенную сортировку, обычно более чем на 3 сорта.

1. **Нитрошелк.** Производство нитрошелка распадается на 4 стадии: а) получение нитроцеллюлозы, б) растворение нитроцеллюлозы и получение коллодия, в) получение нити, г) денитрация нити и дальнейшая ее обработка. В качестве сырого материала в настоящее время применяется исключительно хлопковое волокно или в виде короткого волокна (лянтера) или в виде хлопчатобумажного тряпья и угаров хлопкопрядильного производства. Теоретически возможно применение сульфитной целлюлозы, но нитрирование ее идет значительно труднее, и выход нитроцеллюлозы относительно меньше. Процесс нитрирования с химич. стороны заключается в том, что гидроксил (ОН) целлюлозы замещается группой  $NO_2$  из азотной к-ты ( $HNO_3$ ). Практически возможны различные степени нитрирования, с содержанием авота от 6,76 до 14,14%. Для производства искусственного волокна применяются нитраты целлюлозы средних степеней с

содержанием азота 11—12,5%. Обычно нитрирование проводится смесью азотной к-ты с серной; такая смесь имеет ряд преимуществ перед нитрированием одной азотной к-той. Отношение серной к-ты к азотной в смеси обычно не более 3 : 1. Увеличение количества серной к-ты замедляет процесс нитрирования, а также действует на строение продуктов его: нитроцеллюлоза, полученная при большом избытке серной к-ты, превращается после промывки и просушки в порохобразную массу. Нитрирование производят обычно в течение 2 ч. при  $t^{\circ}$  ок.  $40^{\circ}$ . В фабричном масштабе нитрирование может быть выполнена тремя способами: 1) в тиглях, 2) в центрифугах и 3) в специальных аппаратах непрерывного действия. Способ нитрирования в тиглях наиболее прост и состоит в том, что в тигель наливают смесь при  $t^{\circ}$   $40^{\circ}$  и постепенно погружают в нее волокно, перемешивая его вилами; затем нитроцеллюлозу промывают, отжимают в центрифуге для удаления влаги и пропуская через голландеры, где она измелчается на короткое волокно длиной 1 мм. Эту массу обычно отбеливают слабым раствором, затем ее вновь промывают и высушивают. Из 100 кг хлопкового волокна обычно получают 150 кг нитроцеллюлозы. Нитроцеллюлоза существенно отличается от своего исходного материала—хлопкового волокна. Волокно нитроцеллюлозы лишено характерных для хлопкового волокна завитков и представляется под микроскопом в виде гладкой ленточки. Уд. вес нитроцеллюлозы 1,66, хлопкового волокна—1,5. Гигроскопичность нитроцеллюлозы значительно ниже гигроскопичности целлюлозы, причем она тем меньше, чем выше степень нитрации. Раствор иода в водном растворе иодистого калия окрашивает целлюлозу в темносиний цвет, нитроцеллюлоза получает при действии этого реактива слабокоричневую окраску.

Способов получения коллодия из нитроцеллюлозы было предложено очень много. Шардоне растворил нитроцеллюлозу в смеси алкоголя с эфиром. Броннерт и Шломберг запатентовали в 1896 г. способы растворения нитроцеллюлозы в уксусной кислоте в смеси с алкоголем или эфиром, в серной к-те, в спиртовом растворе камфоры, в эфире, бензоле, ацетоне, древесном спирте и наконец в спиртовых растворах солей: хлористого аммония, хлористого кальция, хлористого магния, хлористого цинка, хлористого алюминия и др. В настоящее время применяется исключительно смесь этилового алкоголя с эфиром, причем различные ф-ки имеют различные рецепты смеси. Шардоне предлагал применять смесь из 60% алкоголя и 40% эфира. В последнее время, как видно из новейших литературных данных, наиболее употребительной является смесь 60% эфира и 40% спирта. Выбор рецепта смеси зависит и от способа прядения. При сухом прядении выгоднее иметь смесь с большим содержанием эфира, к-рый легче улетучивается; наоборот, при мокром прядении выгоднее иметь смесь с большим содержанием алкоголя. Для прядения нити мягкости и способности сопротивляться вос-

пламенению часто рекомендуется прибавление различных веществ к прядильному раствору. Для первой цели могут служить глюкоза, медь, жиры, касторовое масло, для второй—хлористые соединения кальция, железа, хрома, марганца. Так как присутствие этих веществ сильно затрудняет процесс денитрации, то по большей части обходятся без этих прибавлений. Мокрый способ заключается в том, что теплый раствор коллодия выпускают через тонкое отверстие в ванну с холодной водой и там он принимает состояние твердой нити. Для продавливания коллодия через тонкие отверстия Шардоне применял давление от 10 до 12 *atm*. Поступая в восстановительную ванну, нити отвердевала лишь снаружи, оставаясь внутри в виде тягучей массы. Пользуясь этим, Шардоне давал нити добавочную вытяжку и получал более тонкую нить. В качестве восстановительной ванны вместо воды были предложены и другие вещества; так, Ленор предложил скипидар, бензин, хлороформ, Тургард—1%-ный раствор квасцов. Сухой способ прядения, также предложенный впервые Шардоне, заключается в том, что нити дают отвердеть на воздухе. В настоящее время почти исключительно применяется сухой способ, имеющий много преимуществ, а именно: он более производителен, дает более тонкую нить и требует более простой аппаратуры благодаря отсутствию восстановительной ванны. Легкая воспламеняемость нитроцеллюлозы крайне затрудняет применение получаемой из нее искусственной нити. Для понижения этой воспламеняемости существуют два способа: 1) прибавляют в прядильный раствор вещества, понижающие воспламеняемость, 2) подвергают нитросоединения денитрации, т. е. превращают их в целлюлозу. Первый способ не получил практич. применения как вследствие удорожания фабриката, так и вследствие вредного влияния этих примесей на качество шелка. Поэтому в настоящее время применяют исключительно денитрацию. С этой целью мотки шелка помещают на стеклянных палках в бачки с денитрирующим раствором. В качестве такого раствора Шардоне применял 50%-ный раствор азотной к-ты, но не получал достаточной денитрации, и в шелке оставалось до 6—6,5% азота, тогда как его д. б. не более 0,05%. Наиболее распространенным денитрирующим средством являются в настоящее время сульфидраты магния, кальция, аммония, натрия. Продолжительность денитрации зависит как от состава раствора, так и от темп-ры и состава нити. При употреблении сульфидратов кальция и натрия процесс денитрирования требует 2—3 ч. Денитрация однако действует не вполне благоприятно на физические свойства нити, на крепость ее, гигроскопичность, блеск и даже на выход.

2. Медноаммиачный шелк. Для производства медноаммиачного шелка в качестве сырья применяется также исключительно целлюлоза хлопкового волокна в виде линтера или в виде угаров хлопкопрядильного производства. Для ускорения растворения волокна, после обычной механич. и химической очистки, подвергают предварительной

обработке слабым белильным спиртом (2% активного хлора в 1 л) в течение 2—3 ч. и затем мерсеризуют крепким щелочом при низкой  $t^{\circ}$  в течение 1 ч., отжимают и промывают. Способов приготовления медноаммиачного раствора и способов растворения в нем волокна было предложено очень много. Наиболее удачно в экономич. и гигиенич. отношениях разрешают этот вопрос те способы и патенты, к-рые дают растворы с наибольшим содержанием меди и наименьшим содержанием аммиака, так как они растворяют наибольшее количество волокна и не выделяют больших количеств аммиака. Раствор целлюлозы в медноаммиачном растворе м. б. приготовлен следующим способом. Водный раствор сернической меди осаждают щелочью при сильном охлаждении. Полученная масса поступает без промывки в голландер, где смешивается с размельченным в нем хлопковым волокном, имеющим 40% влажности. На 100 кг сухого хлопка требуется 260 кг сернической меди и 230 кг 35%-ного раствора щелочи. Масса перемалывается в голландере в течение 15 минут, отфильтровывается и поступает на гидравлический пресс, где спрессовывается, под давлением 180—200 атм, в виде небольших кирпичей. После этого масса снова размельчается и поступает в мешалку, куда прибавляется 570—580 кг 25%-ного раствора аммиака, 60 кг 15%-ного раствора щелочи и 50 л 1,5%-ного раствора кислого виннокислого калия. Щелочь и калий прибавляются после того, как целлюлоза в значительной мере растворилась. После 10-часового перемешивания раствор готов и м. б. доведен до желаемой степени содержания целлюлозы (обычно до 8—9%). Для разжижения раствора обычно применяют смесь из 80% воды, 17% раствора щелочи (35%-ной) и 3% водного 25%-ного раствора аммиака. После дальнейшего перемешивания в течение 10 ч. проверяют вязкость раствора, и, если она достаточна, масса фильтруется несколько раз через мелкое металлич. сито и поступает в бак, в к-ром излишний аммиак улетучивается через 10—12 ч. и масса становится готовой для прядения. Для получения нити большой крепости, мягкости, эластичности и лучшей прядильной способности было предложено много различных добавлений например: глюкоза, глицирин, виннокислая к-та, лимонная к-та, молочная к-та, декстрин, желатина, оливковое масло. Наиболее часто употребляется глюкоза как самое дешевое из перечисленных веществ. Перед прядением раствор пропускают через фильтр; ранее употребляли песочные фильтры, но в настоящее время применяют исключительно мелкие металлич. сита. Прядение производится на обыкновенных прядильных машинах по мокрому прядению, с намоткой нити на бобины. В качестве восстановительной ванны можно употреблять как к-ты, так и щелочи. Из к-т чаще всего применяют раствор серной к-ты (10—20%-ный или даже более крепкий). Кислые ванны однако требуют большой осторожности, и при их применении часто получается жесткая и мало эластичная нить. Поэтому наибольшее распространение в настоящее

время имеют щелочные восстановительные ванны гл. образом натровой щелок различной концентрации. Как после кислой, так и после щелочной восстановительной ванны на волокне остается в нерастворенном состоянии медь, к-рая м. б. удалена растворами к-т; для этого служат слабые растворы соляной или серной кислоты. Эта обработка производится или на прядильной машине непосредственно после выхода нити из восстановительной ванны и перед наматыванием ее на бобину или уже в мотках. После удаления меди следует промывка, которая производится в обыкновенных барках и обычно в два приема: сначала в подкисленной, а затем — в чистой воде. Дальнейшие операции — отбелка, сушка и крутка — производятся таким же образом, как и при нитрошелке.

**3. Вискозный шелк.** Производство — см. *Вискоза* и *Вискозный шелк*.

**4. Ацетатный шелк.** Ацетатный шелк представляет собой сложный эфир клетчатки и по способу получения и химическ. природе своей близко подходит к нитрошелку, отличаясь от последнего однако тем, что здесь не требуются «деацетилирования», и готовый продукт остается сложным эфиром, тогда как нитрошелк после денитрации представляет собой почти чистую целлюлозу и ее гидрат; имея свободные гидроксильные группы, нитрошелк значительно менее устойчив к влаге, чем ацетатный шелк (см. *Волокна искусственные*). В качестве исходного материала для производства ацетатного шелка служит линтер, хотя м. б. употребляема и древесная целлюлоза. Ацетилование обычно ведется уксусным ангидридом в присутствии катализатора, которым служат серная к-та, хлористый цинк и другие вещества. Наиболее быстро действует и чаще всего применяется серная кислота, которая при высоких температурах может не только ускорить процесс ацетилирования, но и вызвать расщепление молекулы целлюлозы; поэтому ее применение д. б. достаточно осторожным. Процесс ацетилирования, как и процесс нитрирования, имеет несколько ступеней. Для производства И. ш. имеют значение триацетаты — продукты высшей ступени ацетилирования, которые растворимы в хлороформе, но нерастворимы в ацетоне, и диацетаты, растворимые в ацетоне. Для приготовления триацетата на каждые 2 молекулы целлюлозы требуется 3 молекулы уксусного ангидрида, или на 1 вес. ч. целлюлозы 1,8 вес. ч. ангидрида. Практически для обеспечения реакции требуется на 1 вес. ч. целлюлозы до 4 вес. ч. ангидрида. Готтенрот дает следующий способ получения триацетата: в смесь, состоящую из равных частей (по 180—200 кг) ледяной уксусной кислоты и уксусного ангидрида, вливают 1—1,5 кг серной кислоты 66° Вé, затем при постоянном перемешивании в смесь вводят 25 кг воздушносухого хлопкового волокна (с содержанием влаги 5—6%). Смесь подвергают сильному охлаждению, и через 4—6 ч. получают первичный раствор целлюлозы в виде сиропообразной массы, представляющей собой продукт промежуточных ступеней ацетилирования. Окон-

чение процесса и получение триацетата узнается по тому, что он выпадает в виде компактного, тягучего образования, которое принимает форму связанного тела при выливания его тонкой струей в воду и после выщелачивания хорошо растворяется в хлороформе, но не растворяется в ацетоне, алкоголе и других веществах. Для получения триацетата массу обрабатывают водой, затем выделившийся ацетат отжимают на центрифуге, промывают до полного удаления к-ты и высушивают. Осаждение ацетата водой представляет наиболее дешевый и простой способ, но он невыгоден, потому что укусный ангидрид и кристаллич. укусная к-та превращаются в сильно разведенную укусную к-ту, к-рая не имеет почти никакой ценности. Поэтому для осаждения ацетата были предложены другие вещества: бензин, бензол, керосин, этиловый эфир и др. Для получения ацетата, растворимого в ацетоне, из ацетата, растворимого в хлороформе, Майлсс предложил в свое время способ обработки слабым раствором серной к-ты (10%) в среде укусной к-ты (в объеме, равном объему раствора серной к-ты). Ацетат, растворимый в хлороформе, представляет собой твердое зернистое вещество светлосерого цвета, мало гигроскопичное. Среднее содержание влаги в нем составляет 0,5—3%. Он растворяется кроме хлороформа в муравьиной кислоте, ледяной укусной к-те и особенно легко в тетрахлораэтилене, а также в анилине и феноле. Ацетаты, растворимые в ацетоне, в большинстве случаев представляют собой легкие пушистые снежно-белые порошокобразные вещества. Прядение ацетатного шелка производится преимущественно сухим способом, и полученная нить подвергается дальнейшим операциям в указанном выше порядке.

*Лит.*: Нитрошелк—П. П. 165349. 195654, 218759, 221901, 256287, 342077, 344660, 344845, 346689, 350723, 351285, 354398, 355016, 356835, 360899, 362956, 368130, 369170, 37154, 373977, 376785, 377879, 383555, 386109, 396664, 397794, 401482, 401843, 402950, 403243, 410267, 410652, 412887, 413359, 415060, 416064, 420086, 434868, 434869, 439721, 441551, 455011, 473986, 474841; Г. П. 552931, 552931, 56331, 561, 81599, 819, 85556, 819, 135316, 819, 168173, 819, 169931, 819, 171762, 819, 173012, 819, 186277, 819, 197167, 819, 199885, 819, 200824, 819, 200265, 819, 245837, 819, 247095, 819, 254321, 819, 254901, 819, 254913, 819, 267506, 819, 274747, 819, 277154, 819, 300595, 819, 303396, 819, 320008, 819; Ан. П. 22540/86, 9087/00, 15843/00, 5076/01, 2476/02, 13603/05, 6166/06, 1565/07, 7098/15, 10518/15.

*Средствами* значимый шелк—Ф. П. 203741, 344138, 347960, 350888, 352528, 355064, 356402, 357171, 358037, 368706, 369973, 373429, 374277, 376065, 379000, 381898, 383413, 392869, 399891, 401711, 403437, 414854, 422655, 426968, 437815, 440007, 450193, 451406, Г. П. 109996, 29, 114133, 29, 118208, 29, 119099, 29, 119230, 29, 121439, 29, 125310, 29, 134312, 29, 140347, 29, 145407, 29, 157157, 29, 162866, 29, 165577, 29, 169567, 29, 174508, 29, 175296, 29, 183139, 29, 187313, 29, 190267, 29, 196883, 29, 201026, 29, 216669, 29, 218490, 29, 220051, 29, 221044, 29, 225824, 29, 228772, 29, 229863, 29, 231811, 29, 232604, 29, 228872, 29, 229863, 229677, 12, 229711, 29, 230141, 29, 230941, 29, 233370, 29, 235134, 29, 235476, 29, 237200, 29, 237747, 29, 239214, 29, 240082, 29, 240242, 29, 241683, 29, 241921, 29, 244510, 29, 252180, 29, 256851, 29, 258216, 29, 260630, 29, 260854, 29, 305217, 29, 306107, 29, 320741, 29, 329741, 29, 27322/05, 1048/07, 14655/07, 20318/08, 28256/00, 25986/10; Швейц. Г. П. 34760, 35642, 37584, 40164, 45321

*Вискозы шелк*—П. П. 255696, 334636, 339564, 357096, 361319, 361877, 400577, 402804, 408736, 414520, 416619, 425953, 426436, 430876, 431681, 436590, 443897, 449536, 451156, 451276, 454061, 461960, 462447, 477735; Г. П. 108511, 101, 133144, 81, 152743, 81, 29, 153911, 81, 29, 160244, 81, 29, 163467, 81, 29, 163661, 81, 29, 164321, 81, 29, 183923, 81, 29, 187947, 81, 29, 192046, 81, 29, 191913, 81, 29, 197086, 81, 29, 209181, 81, 29, 223736, 81, 29, 228585, 81, 29, 240684, 81, 29, 240846, 81, 29, 252179, 81, 29, 260479, 81, 29, 267731, 81, 29, 282789, 81, 29, 283286, 81, 29, 287092, 81, 29, 287956, 81, 29, 312392, 81, 29, 323891, 81, 29; Ан. П. 8700/92, 4713/96, 2529/02, 17503/02, 7023/03, 17876/07, 19157/08, 19158/08, 25097/08, 33013, 20090/12, А е т а т к ш е л к —Ф. П. 390714, 418787, 418300, 425900, 426436, 474163, Г. П. 14850, 81, 29, 198730, 81, 29, 201810, 81, 29, 210778, 81, 29, 225704, 81, 29, 234028, 81, 29, 237599, 81, 29, 240751, 81, 29, 274260, 81, 29, 286173, 81, 29, 287073, 81, 29; Ан. П. 28738/04, 15700/10, 20672/10.

*Процессы прядения*—Ф. П. 359026, 364912, 383411, 394009, 405782, 409387, 442022, 465322, 469890, 473379, 81, 29, 96208, 81, 29, 101844, 81, 29, 102573, 81, 29, 111833, 81, 29, 143786, 81, 29, 148888, 81, 29, 163293, 81, 29, 172265, 81, 29, 178944, 81, 29, 180638, 81, 29, 222131, 81, 29, 237744, 81, 29, 244376, 81, 29, 247418, 81, 29, 248348, 81, 29, 249002, 81, 29, 252841, 81, 29, 276082, 81, 29, 288667, 81, 29; Ан. П. 23157/00, 13868/07, 21872/08, 14599/10, 4078/11, 22636/11, 2222/12, 17495/14.

*Процессы перемотики и проеи*—Ф. П. 337693, 364269, 370717, 440965, 450818, 451913, 466210; Г. П. 218586, 81, 29, 236561, 81, 29, 236561, 81, 29, 239822, 81, 29, 253371, 81, 29; Ан. П. 10211/10, 1022/11, 12710/12, 13360/13.

*Процессы мойки и проеи*—Ф. П. 40760, 343464, 369957, 374724, 417599, 434602, 463160, 463893, 476565; Г. П. 118910, 81, 29, 178410, 81, 29, 187090, 81, 29, 232605, 81, 29, 262253, 81, 29, 271586, 81, 29, 27404, 81, 29, 314083, 81, 29, 316045, 81, 29; Ан. П. 19186/10, 9067/13, 18556/14.

*Ан. П.*—1916 год: 1181857, 1181858—60, 1190798, 1193178, 1188718; 1917 год: 1242783, 14388, 1217722, 1251237, 1226178; 1918 год: 1280974—5, 1278685, 1286712, 1279328—30, 1260508; 1919 год: 1309980, 1328199, 1309891, 1301652, 1301400, 1920 год: 1342601, 1338844—5, 136139728, 1355985; 1921 год: 1396400, 1373881—5, 1369142, 1393199, 1397868, 1366162; 1922 год: 1440006, 1440813, 1406294, 1441616, 1445683, 1427238, 1437340, 1437899; 1923 г.: 1441989, 1449200, 1457977, 1478926; 1924 г.: 1484004, 1501207, 1501286, 1515556, 1505043, 1492594, 1489199; 1925 год: 1548932, 1528810, 1538859, 1552795, 1528219, 1528218, 1546211, 1566384, 1562885, 1556174.

*А н и м и с* и Ж и р м у н с к и й С. Искусственный шелок. Эволюция, производство, потребление, Изд.—Вознесенск, 1927; А р з а т е л ь с к и й В. А. Г., Волонга, принят, ткаши, методы исследования в связи с кратк. материалами делением волокон. Вестник М., 1914; В о р о н о в А. А., Волонистые приличные вещества, их добывание и свойства, 2-е изд. Изд.—Вознесенск, 1928; Г е й з е р Э., Химия целлюлозы, пер. с нем., Москва, 1923; М и н а е в Б. И., Элементарный состав оснований и мерсеризованной целлюлозы и искусства шелка. Изд. 1910; Ш а л о н и я и о н Б. Г., Общая технология и науки шелка и шелководства. М. Изд. 1926; А н г р а д о в С. В., Искусственный шелк. М. Изд. 1926; Организация и нас производства искусства шелка. «ИТЛП», 1926, 26; Б е р г г а р д т Р., Сравнение вискозы с точки зрения химич. изменений, там же, 1927, 7; В. Л., Нормы и методы испытания искусства шелка в Америке, там же, 1927, 2; П. Л., Искусственный шелк в ткачестве, там же, 1926, 22, 23; П е р л А. Г., Машин. употребленные при производстве вискозного шелка. там же, 1926, 4, 25; Р е т з о л 2, Л. В., Искусственный шелк и шерсть, там же, 1927, 34, 34.; Л. В., Изготовление искусства шелка из искусственно-полученных эфиров, там же, 1925, 12, стр. 1889; е г о н е, Искусственный шелк, там же, 1925, 9, стр. 1693; е г о н е, К производству искусства шелка, там же, 1925, 11, стр. 1884; е г о н е, Физич. свойства искусства шелка, там же, 1925, 10, стр. 1728; Ф р е н к е л ь И. О., Сравнение вискозы, там же, 1927, 22, 22; Л. В., В. В., Искусственный шелк шерстяных волокон, «Техн.-экономический вестник», 1926, стр. 470; Ж и р м у н с к и й С. С., Искусственный шелк, там же, 1925, стр. 427; е г о н е, Искусственный шелк из ацетатцеллюлозы, «ЖХП», 1927, стр. 808; Л. О., Производство искусства шелка, там же, 1926, стр. 110; Е д л е в В. В., Современное состояние промышленности искусства шелка в Германии, «Техника и промышленность», М., 1926, 4, стр. 41.; The Rayon Industry, New York, 1927; B e c k e r F., Die Rayon-Industrie, Halle a/S., 1912; B e l a e r J. et P e r g o s J., Les matieres celluloseuses, Paris, 1912; B e r l E.

und. H. v. A. Kunstseide, in Lung-Berl, Chem.-technische Untersuchungsmethoden, B. 4, p. 638, 7. Auflage, B. 1924; B. Odenbender H. G. und S. d. f. adler H., Das Kunstseiden-Taschenbuch, Ein prakt. Nachschlagbuch f. Hersteller, Verarbeiter, Kaufleute, B., 1928—29; B. r. o. n. n. e. r. t. e., Emploi de la cellulose pour la fabrication des fils brillants, Invariants in soie, Mülhausen, 1926; B. r. o. n. n. e. r. t. e., Organisation d. deutschen Kunstspinnstoff-Wirtschaft, Jena, 1922; C. h. a. p. l. e. t. A., et R. o. u. s. s. e. t. H., Les soles artificielles, 2. ed., p. 1926; C. r. o. s. s. c. A. B. v. a. n. E., Cellulose, 2. ed., L., 1918; C. r. o. s. s. c. A. B. v. a. n. E., Researches on Cellulose, v. 1—4, London, 1895—1921; D. u. b. o. s. c. A., Les fibres celluloseuses, Paris, 1921; E. g. g. e. r. t. H., Die Herstellung und Verarbeitung von Viskose unter besonderer Berücksichtigung d. Kunstseidenfabrikation, B., 1926; F. a. u. s. t. O., Kunstseide, Dresden-Lpz., 1928; F. o. l. t. z. J., Artificial Silk and Its Manufacture, L., 1928; H. a. l. l. A. J., Cotton Cellulose, Its Chemistry a. Technology, London, 1924; H. a. u. s. e. r. m. a. n. P., Die Nitrozellulosen, Breschw., 1914; H. e. r. z. o. g. A., Technologie d. Textilveredlung, 2. Aufl., Berlin, 1926; H. e. r. z. o. g. A., Die Entwicklung d. Seide mit besond. Berücksichtigung d. Erzeugnisse d. Kunstseidenindustrie, Berlin, 1924; H. e. r. z. o. g. A., Unterscheidung d. natürl. u. künstl. Seiden, Dresden, 1910; H. a. u. s. e. r. E., Lehrbuch d. Zellulosechemie, 2. Auflage, Berlin, 1927; H. o. l. k. e. r. n. M., Die Kunstseide auf d. Weltmarkt, Berlin, 1928; H. o. t. t. e. n. r. o. l. h. W., Die Kunstseide, Leipzig, 1928; H. o. t. t. e. n. r. o. l. h. W., Die Kunstseide, Ulm, Enz. B. 7, p. 305; J. e. n. t. g. e. n. H., Laboratoriumsbuch für die Kunstseiden- u. Ersatzfaserstoff-Industrie, Halle, 1923; K. o. n. i. g. s. b. e. r. g. e. r. C., Die deutsche Kunstseiden- u. Kunstseidenfaser-Industrie in d. Kriegs- u. Nachkriegsjahren u. ihre Bedeutung f. unsere Textilwirtschaft, B., 1925; Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. O. Herzog, B. 7—Kunstseide, Berlin, 1927; K. o. n. i. g. s. b. e. r. g. e. r. C., Entwicklung der Kunstseidenherstellung, Nürnberg, 1908; M. u. l. l. i. n. Ch., Acetate Silk a. Its Dyes, N. Y., 1927; N. a. s. m. i. t. h. F., The Artificial Silk Handbook, L., 1926; R. e. i. n. t. h. a. l. e. F., Die Kunstseide u. andere seidenähnliche Fasern, B., 1926; S. c. h. o. b. e. r. C., Seide u. Seidenwaren, Lpz., 1927; S. c. h. w. a. l. b. e. C., Die Chemie d. Zellulose unter besond. Berücksichtigung d. Textil- u. Zellulosechemie, Berlin, 1928; S. t. o. n. F., Cellulose-ester Vernishes, London, 1925; S. ü. v. e. r. n. K., Die künstliche Seide, ihre Herstellung u. Verwendung, 5. Auflage, B., 1926; W. h. e. e. l. e. r. E., The Manufacture of Artificial Silk, L., 1928; W. i. t. t. O. N., Die künstlichen Seiden, 2. Aufl., Berlin, 1909; W. o. o. d. h. o. u. s. e. T., The Artificial Silk, Its Manufacture a. Uses, L., 1927; W. o. o. d. h. o. u. s. e. T., The Artificial-silk Yarns, Winding, Warping, Beaming, and Weaving, L., 1928; W. o. r. d. e. n. E. C., Nitrocellulose Esters, v. 1, L., 1921; W. u. r. t. z. E. d., Die Viskosekunstseidenfabrik, ihre Maschinen u. Apparate, Monographien zur chemisch. Apparatur, hrsg. v. B. Block, B. 5, Lpz., 1927; W. y. k. e. s. A. L., The Working of Viscose Silk, Manchester, 1926; Y. a. r. s. l. e. y. V. E., Über d. Herstellung und physikal. Eigenschaften d. Zelluloseacetate, B., 1927; B. r. o. u. g. H., Artificial Silk, «Textile Manufacturers», Manchester, 1926, p. 424; B. r. u. c. k. h. a. u. s. W., Weighting a. Dyeing Artificial Silk, ibid., p. 240; H. a. l. l. A., The Dyeing of Viscose Silk, ibid., p. 421; C. h. i. t. t. i. c. k. J., Handling Artificial-silk Fabrics, ibid., p. 209, 423; W. h. i. t. t. a. k. e. r. C., Artificial-silk Dyeing, ibid., p. 132; B. e. a. n. P., The Sizing of Artificial-silk Yarns a. Comparison with the Sizing of Cotton Yarns, ibid., p. 378; A. i. n. a. l. i. e. Th., Peroxide Bleaching of Artificial Silk, ibid., p. 59; A. New Silk a. Artificial-silk Loom, ibid., p. 127; S. p. u. n., Artificial-silk Yarns, ibid., p. 174; C. r. o. m. t. o. n. W., Artificial-silk Sizing Problems, ibid., p. 133; W. o. o. d. h. o. u. s. e. T., Preparing Artificial-silk Yarns for the Loom, ibid., p. 281, 366, 410; ibid., p. 253; Silk and Artificial-silk Trade Census of Production, ibid., p. 207; W. y. k. e. s. A. L., Physical Properties of Artificial Silk, ibid., p. 360, 366; p. 27; H. a. l. l. A. J., Viscose in Comparison with Nitrate a. Acetate Artificial Silks, ibid., p. 187; F. l. e. m. i. n. g. H., Artificial Silk a. Mercerisation, ibid., 1928, p. 244; G. r. o. v. e. P. a. l. m. e. r. F., Bleaching Artificial-silk and Cotton Stockings, ibid., p. 97; H. a. l. a. s. St., Spinning-pot-Dyes for Artificial Silk, ibid., p. 271; B. e. n. n. e. t. W., Preparation, Scouring a. Bleaching of Artificial Silk a. Mixed Goods, ibid., p. 240; H. a. t. h. e. r. J. W., Hattersley Artificial-silk Loom, ibid., p. 21; F. a. y. l. o. r. R. W., Warp a. Skein Sizing of Artificial Silk, ibid., p. 58; S. h. e. a. r. A., Artificial silk and Its Uses, ibid., p. 137; Artificial-silk Sizing Machine, ibid., p. 89; A. t. w. o. o. d. P. D., Some Developments in Artificial-silk Process, ibid., p. 353; M. o. r. s. e. H., Laboratory Preparation of Viscose, ibid., p. 393; B. l. a. n. c. o. G. W., Cellulose Xantate, ibid., p. 1237;

H. o. f. m. a. n. n. A., Die Verwendung d. feinfaserigen Kupferoxyd-Ammoniakseide in d. Wirkerei u. Strikerei, «Mellands Textilberichte», Mannheim, 1927, p. 694; L. e. w. i. t. z. k. A., Präparieren u. Avivieren V. Kunstseide, ibid., p. 793; S. c. h. u. p. p. H., Azetat-Kunstseide, ibid., p. 864; K. i. r. b. e. r. g. e. r. L., Eigenschaften u. Verwendung d. Azetatside, ibid., p. 911; H. o. t. t. e. n. r. o. l. h. W., Wirkung d. künstl. Seide, ibid., p. 252; B. a. y. e. r., Die chem. u. mech. Verfahren beim Fertigstellen frischgesponnener Viskoseseide, ibid., p. 82, 153; A. l. t. e. r. h. o. f. W., Das Färben v. gemischten Geweben aus Baumwolle und Kunstseide, ibid., p. 795; J. e. a. c. k. W., Über d. Färben d. Azetatside, ibid., p. 252; R. a. d. c. F., Sulfurfarben auf Kunstseide, ibid., p. 260; U. r. i. c. h. E. B., Gewebe aus feinfasriger schwachgedrehter Kunstseide, ibid., p. 241; I. o. s. e. n. z. w. e. i. G., Die Zukunft d. Kunstseide, ibid., p. 114, 201; E. v. e. r. s. H., Eigenschaften v. Kunstseiden aus Gemischen von Zellulose-Nitrat- u. Azetaten, ibid., p. 873; G. m. e. l. i. n. B., Druck auf Azetatside- u. Azetatsidehaltigen-Mischgeweben, ibid., p. 225; T. e. d. e. B. e. m. b. e. r. g. Seide, ibid., p. 230; E. c. k. e. r. M., Die Veredlung v. Kunstseide in d. Vorwerken, ibid., p. 48; E. n. g. e. l. H., Über Avivage und Färbung von Kunstseide, ibid., p. 686; A. l. t. e. r. h. o. f. W., Ein bedeutender Fortschritt in d. Kunstseiden-Färberei, ibid., p. 230; K. i. r. b. e. r. g. e. r. L., Wie wächst man Kunstseide, ibid., p. 49; K. o. n. r. a. d. R., Kunstseidenpräparation, ibid., p. 223; L. a. a. J., Die künstl. Seide u. Textilindustrie, ibid., p. 683; H. e. r. z. o. g. A., Über d. mikroskop. Verhalten d. Baumwolle in Kupferoxyd-ammoniak, «Kunststoffe», Mch., 1911, p. 401; M. i. t. s. c. h. e. r. l. i. n. G., Die Nitrokunstseide, ibid., 1912, p. 261; H. a. m. p. e. l. O., Über Veredeln kunstseidener Gewebe, ibid., 1913, p. 264; H. e. r. z. o. g. A., Zur Unterscheidung d. natürl. u. künstl. Seide, ibid., 1917, p. 228; D. y. a. s. A., Die weltwirtschaftliche Bedeutung Kunstseiden- u. Kunstfasern-Industrie, ibid., 1928, p. 149; L. a. s. o. n. A., Die weltwirtschaftliche Bedeutung d. Kunstseide, ibid., p. 4; W. a. l. t. e. r. H., Die Verarbeitung von Kunstseide in d. Praxis, ibid., p. 216; M. u. k. o. y. a. m. T., Zur Kolloidchemie der Viskoselösungen. Über eine Modifizierung d. Reifegradbestimmung von Hottenroth, ibid., B. 41, p. 62, E. 42, p. 349, 3. Abz., p. 390; W. e. i. s. A., Die physikal. u. chem. Ursache der Zähflüssigkeitsänderung v. Viskoselösungen, ibid., B. 41, p. 152; L. e. h. n. e. r. F., Die Kunstseide, «Z. ang. Ch.», 1906, p. 1581; H. e. r. z. o. g. R., Zur Chemie und Physik d. Kunstseide, ibid., 1928, p. 531; E. g. g. e. r. t. J., Über die Spinnzentrifuge in d. Kunstseidenfabrik, ibid., p. 49; R. u. d. o. l. f. G., Regeln f. das Färben v. gemischten Geweben aus Wolle mit Viskose u. Kunstseide, ibid., p. 123; F. a. u. s. t. O., Kunstseide, Kolloidchem. Technologie, hrsg. v. R. B. Liesegang, Lpz.—Dresden, 1927, p. 516—576; N. o. l. l. a. u. E. H., Mit Nitrozellulose imprägnierte Textilstoffe, «Journal of the Soc. of Automotive Eng.», N. Y., 1927, p. 393; H. ö. h. n. e. l., Über d. Kolloidumseide, «Mitt. d. k.-kgl. technol. Gewerbevereins in Wien», Sektion chem. Gewerbe, W., 1890, 4 Jg., 1—4, p. 2; Apprete des soles artificielles, «Revue générale des matières colorantes», Paris, 1926, p. 126; Notes sur la teinture de la soie d'acétate de cellulose, ibid., p. 39, 102; D. e. s. c. h. i. e. n. s., L'acétate de cellulose et ses emplois industriels, «Chimie et industries», P., 1920, p. 591; M. o. r. t. g. a. t. R., La fabrication de la soie artificielle de viscose, «L'industrie chimique», P., 1928, p. 3, 66; «Kunstseide», Mch.—B., «Rayon», Boston, «Revue universelle des soies et des soles artificielles», P.; «Seide», B.; «Kunststoffe», Mch. V. Лима.

**ИСПАНИЕ**, переход вещества из жидкого состояния в газообразное (парообразное). И. происходит со всякой свободной поверхности жидкости. Механизм И. с точки зрения молекулярно-кинетической теории заключается в следующем. Молекулы жидкости, находящиеся вблизи от ее поверхности и обладающие в данный момент большой скоростью в направлении, образующем достаточно большой угол с поверхностью, вылетают в пространство над жидкостью, освобождаясь от притяжения остальных молекул жидкости; т. о. они становятся свободными молекулами пара. На преодоление сил сцепления жидкости и сопротивления внешнею давления для каждой испаряющейся молекулы нужна затрата энергии (тепловой).

Количество тепла  $q$ , затрачиваемого на И. при данной  $t^\circ$  одной весовой единицы

жидкости, называется с к р ы т о й т е п л о т о й  $I$ :  $q = q_i + q_e$ , где  $q_i$  — внутренняя скрытая теплота  $I$ , расходуемая на внутреннюю работу разведения молекул, а  $q_e$  — внешняя скрытая теплота испарения, затрачиваемая на внешнюю работу расширения вещества от удельного объема  $v$  жидкости до удельного объема  $\sigma$  пара. Теплота испарения  $m\sigma$ , отнесенная к граммолекуле жидкости, называется м о л е к у л я р н о й т е п л о т о й  $I$ . Соответственно употребляются  $m\sigma_i$  и  $m\sigma_e$ . В технике полной теплотой  $I$ .  $\lambda$  называется количество тепла в  $\text{Cal}$ , затрачиваемое на 1 кг жидкости для нагревания ее от 0° до данной температуры  $t$  и на превращение ее при этой температуре в пар:

$$\lambda = q + q_e = q + q_i + q_e,$$

где  $q$  — количество тепла, затрачиваемое на нагревание жидкости. Теплотой пара называется сумма

$$q + q_e = \int_0^t C dt + q_e,$$

где  $C$  — теплоемкость жидкости. Теплота пара определяет избыток энергии пара над значениями удельных теплот испарения для воды.

$t^\circ$	Давление паров $p$		$\lambda$	$q$	$q_e$	$q_i$
	в $\text{кг/см}^2$	в $\text{мм Hg}$				
0	0,00682	4,575	595,0	595,0	80,1	564,9
25	0,0323	23,3	606,8	581,6	82,8	548,8
50	0,1258	82,53	618,0	568,0	85,5	532,5
75	0,3029	228,99	629,0	554,0	88,1	516,9
100	1,0333	760,00	639,4	539,4	90,5	498,9
125	2,3682	1740,42	618,8	523,5	92,7	480,9
150	4,8517	3568,81	557,0	506,0	94,6	461,4
175	9,0937	6638,74	663,5	486,5	96,1	440,4
200	15,854	11661,2	667,7	461,2	98,9	417,3
225	26,003	19126,2	669,0	438,4	97,1	391,3
250	40,547	29828,8	668,4	408,1	94,3	361,8
275	60,625	44682,0	639,4	372,5	94,3	329,2
300	87,83	64455,2	616,8	330,2	90,8	289,4
325	123,00	90471,1	628,1	278,1	85,6	242,5
350	168,64	124041,0	601,1	210,3	27,8	182,6
374	225,06	165582,7	501,1	0	0	0

энергической жидкости при 0°. Внешняя скрытая теплота  $I$ . при постоянном давлении  $p$

$$q_e = A \cdot p (\sigma - s),$$

где  $A$  — термический эквивалент работы. Полная теплота  $I$ .

$$\lambda = \int_0^t C dt + q_i + A \cdot p (\sigma - s).$$

Для воды от 0 до 100° можно пользоваться формулой:  $q = 606,5 - 0,695t - 0,00011 t^2$ . Для других жидкостей:

Хлороформ . . . . .	$q = 87,0 - 0,09485t - 0,0000507t^2$
Сероуглерод . . . . .	$q = 90,0 - 0,08922t - 0,0004938t^2$
Эфир . . . . .	$q = 84,0 - 0,07901t - 0,0008514t^2$
Бензол . . . . .	$q = 109,0 - 0,13650t - 0,0008616t^2$

С повышением  $t^\circ$  скрытая теплота  $I$ . уменьшается и при  $t^\circ_{\text{крит.}}$   $q = 0$ . Величина  $q_e$  с возрастанием  $t^\circ$  сначала постепенно увеличивается и достигает своего максимума обычно при 0,7 абсолютной  $t^\circ_{\text{крит.}}$ , а затем убывает и при  $t^\circ_{\text{крит.}}$   $q_e = 0$ , как и  $q_i$ .

Самый простой случай  $I$ . — с поверхности неподвижной жидкости в покоящейся воздух (статическое  $I$ .). На практике мы сталкиваемся с этим случаем при нагревании жидкостей (в частности жидкого то-

плива), в поверхностных увлажнителях, в мокрых производствах и т. д. В природе к этому случаю надо отнести  $I$ . из водоемов в безветренную погоду. Основной закон для статического  $I$ . дан Далтоном: количество  $Q$  испаряемой в единицу времени жидкости пропорционально площади  $s$  испаряющей поверхности, обратно пропорционально давлению воздуха  $p$  и прямо пропорционально разности давления насыщенного пара  $p_s$  при данной температуре и давления паров в воздухе  $p = \varphi p_s$  ( $\varphi$  — отношение данного давления пара к  $p_s$ ):

$$Q = k \cdot s \frac{p_s - \varphi p_s}{p}.$$

Опыты Стефана и Винкельмана показали, что закон Далтона является лишь первым, грубым приближением; однако для случая испарения воды из водоемов поправки оказываются незначительными. Под скоростью испарения понимаем объем паров  $V_s$ , испаряющихся с 1  $\text{см}^2$  площади свободной поверхности жидкости в 1 сек. Для жидкостей, налитых в открытые цилиндрич. сосуды, Стефан и Винкельман нашли, что

$$V_s = \frac{h}{k} \ln \frac{p - \varphi p_s}{p - p_s},$$

где  $h$  — «путь диффузии» паров, равный расстоянию от поверхности жидкости до свободного края цилиндра,  $k$  — коэф. диффузии паров. Если  $I$ . идет в свободную от паров атмосферу, то  $\varphi p_s = 0$ . Для изменения коэф. диффузии с  $t^\circ$  Винкельман дает формулу:

$$k_t = k_{t^\circ} \left( \frac{T}{273} \right)^m,$$

где  $k_{t^\circ}$  — коэф. диффузии при 0°.  $T$  — абсолютная температура,  $m$  — постоянная величина, определяемая из опытов. Для диффузии водяного пара в воздух  $k = 0,2162 \text{ см}^2/\text{сек}$  и  $m = 1,774$ . Коэф. диффузии и скорость  $I$ . зависят от внешнего давления:

$$k_p = k_{p_{760}} \cdot \frac{760}{p}.$$

Таким образом

$$V_s = - \frac{k_{p_{760}} \cdot 760}{h} \cdot \left( \frac{T}{273} \right)^m \ln \frac{p - \varphi p_s}{p - p_s} \text{ см}^3/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$$

( $\varphi$ -фа для  $I$ . в покоящийся воздух или гаа). Далее,  $I$ . связано и с формой поверхности жидкости и с формой сосуда, внутри которого происходит. В средних частях поверхности  $I$ . происходит иначе, чем у краев. Неста Томас и Фергюсон нашли для массы  $Q$  воды, испаряющейся в 1  $\text{см}^2$ .  $\varphi$ -лу:  $Q = ka^n$ , где  $a$  — радиус круглой поверхности,  $k = 0,05 + 0,025e^{-0,4a}$  и  $n = 2,0 - 0,60e^{-0,2a}$ . Недавно (в 1926 г.) В. Шулейкин разработана кинетическая теория  $I$ . Он разделяет весь процесс  $I$ . на три части: 1) вылетание молекул из жидкости — свободное и е.  $I$ . 2) обратное поглощение части вылетевших молекул жидкостью (при ударах о ее поверхность) и 3) распространение (диффузия) остальных молекул в окружающей покоящейся газовой среде.

Для скорости  $I$ . с безграничной плоской поверхности теория приводит к  $\varphi$ -ле:

$$v_s = \frac{v_s \frac{p_s - \varphi p_s}{p_s}}{1 + \frac{h}{k} \sqrt{\frac{RT}{2\pi m}}},$$

где  $\varphi p_s$  — давление паров в сечении, нахо-

Даемся над поверхностью жидкости на высоте  $h$ ,  $\xi$ —среднее число ударов молекул пара о поверхность жидкости, приходящихся на поглощение жидкостью одной молекулы пара,  $v_0$ —скорость свободного статического

И., равная  $\sqrt{\frac{RT}{2\pi m}} e^{-\frac{mg}{RT}}$ , где  $R$ —газовая постоянная,  $m$ —мол. вес,  $g$ —скрытая теплота И.,  $k$ —коэффициент диффузии.

В случае статич. И. с поверхности круга конечных размеров, объем испаряющейся жидкости со всей поверхности равен:

$$Q = \frac{\alpha \cdot h \cdot \gamma \cdot m}{nRT} (p_s - \varphi p_s) \text{ см}^3/\text{сек},$$

где  $\alpha$ —радиус круга и  $\gamma$ —удельн. объем жидкости. Чтобы оценить статич. И., необходимо знать для паров данной жидкости коэф. диффузии (см.) и его изменение с  $t^\circ$  и другими факторами, мол. вес, кривую упругости насыщенных паров и скрытую теплоту И.

Явление И. значительно осложняется, как только от статич. условий мы переходим к динамическим. При самом слабом движении воздуха количество испаряющейся жидкости значительно возрастает, т. е. увеличивается коэф. диффузии:  $k_w = k_0 \sqrt{W} \cdot \ln \frac{1}{1-\varphi}$ , где  $k_0$ —коэф. диффузии в отсутствии движения воздуха,  $W$ —скорость воздуха вдоль испаряющей поверхности в см/сек. Случай И. в динамич. условиях наиболее часто встречается как в природе (т. е. обычно имеется или движение воздуха мимо испаряющей поверхности—ветер или, наоборот, движение самой испаряющей поверхности в воздухе—капли дождя), так и в технике, где особенно распространен случай И. жидкости, разбрызгиваемой в струе воздуха (двигатели внутреннего сгорания, работающие на карбюраторном топливе, И. при пульверизации, и т. д.). Если рассматривать И. капли не слишком малого радиуса  $a$  с точки зрения кинетической теории И., то для скорости И. с поверхности капли получим:

$$v_0 = \frac{v_0}{aB+1} \cdot \frac{(p_s - \varphi p_s)}{p_s},$$

где

$$B = \sqrt{\frac{RT}{2\pi m}} \frac{1}{k\xi},$$

$a$   $v_0$ —скорость испарения с безграничной плоской поверхности.

Самым сложным, а вместе с тем и имеющим наибольш. значение в технике является случай И. при карбюрации. Основные процессы здесь следующие: воздух просасывается через карбюратор; создающийся разрежением в струе этого воздуха засасывается из жиклера жидкое топливо, при выходе из жиклера струя топлива разбивается на капли, несущиеся в поток; вместе с тем начинается И. с капель в воздух и диффузия в последнем молекул образовавшихся паров топлива. Значительная часть капель, как показали опыты в Научном автомобильном институте (НАМИ), вскоре оседает на стенке трубопровода и образует пленку жидкого топлива, движущуюся по трубе значительно медленнее (раз в 60) воздуха. С поверхности этой пленки тоже происходит И. топлива в воздух. В результате И. с поверхности капель

и с пленки жидкого топлива и диффузии молекул пара в струе воздуха происходит смешение паров топлива с воздухом, и образуется горючая рабочая смесь.

Попытка дать теорию динамич. И. принадлежит Кляфтену. Им построена теория И. с каплей, прямолинейно движущихся в потоке воздуха и равномерно в нем распределенных. Кляфтен исходил из основного уравнения классической теории диффузии газов (в полярных координатах):

$$\frac{\partial(\varphi p_s)}{\partial Z} = k \left[ \frac{\partial^2(\varphi p_s)}{\partial a^2} + \frac{2}{a} \cdot \frac{\partial(\varphi p_s)}{\partial a} \right],$$

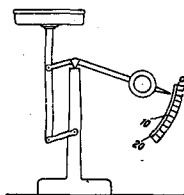
где  $a$ —радиус капли,  $Z$ —время,  $p_s$ —давление насыщенных паров,  $k$ —коэф. диффузии. Интегрирование этого ур-ния дает:

$$\varphi p_s = \frac{\sin(Aa)}{Aa} C e^{-A^2 k Z},$$

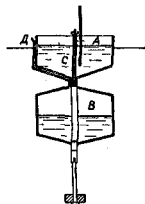
где

$$A = \frac{\pi}{a_0} \sqrt{\frac{n'}{n}}, \quad C = \frac{p_s}{\sin(Aa_0)},$$

$a_0$ —радиус капли в момент начала И.,  $n$ —коэф. смешения, т. е. отношение веса воздуха к весу жидкости и паров,  $n'$ —коэф.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

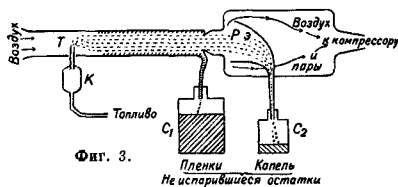
смешения для случая, когда насыщение наступает при  $Z = \infty$ . Теория Кляфтена очень несовершенна, так как не учитывает целого ряда очень важных факторов (упругости насыщенных паров около капель в зависимости от формы и размеров поверхности последних, неоднородности распыливания, наличие вихревых движений воздуха, И. с пленки и т. д.). Вследствие этого время полного И. каплей, по теории Кляфтена, получается слишком малым, что не согласуется с данными, полученными на моторной практике. Таким образом полной теории динамического И. пока еще нет и оценку И. приходится давать, лишь основываясь на сравнительных опытных данных.

Для измерения И. с покоящейся жидкости служат особые приборы, называемые испарителями, или эвапорометрами. Самый простой и наиболее распространенный из них—испаритель Вилда (фиг. 1). На чашку неравноплечных весов наливается жидкость (слой толщиной 20 мм). При И. чашка делается легче и уравновешивающий ее груз опускается. Стрелка показывает, сколько жидкости испарилось. Очень распространен для воды испаритель Лермантова (фиг. 2), состоящий из двух соединен. друг с другом сосудов А и В. В испаритель наливают воду, пока не заполнится весь нижний сосуд (воздух из него выходит через трубку Д). Затем мехами через трубку Д



нагнетают в нижний сосуд воздух, этим подымают воду в верхний сосуд и закрывают соединительную трубку пробкой *C*. Вода испаряется в течение определенного времени из верхнего сосуда. Чтобы узнать, сколько испарилось воды, открывают пробку *C*, спускают воду в нижний сосуд и приливают мензурной дополнительно новую воду, пока в нижнем сосуде не будет достигнут прежний уровень. В лабораторных условиях скорость статич. И. можно измерять или в открытых цилиндрах, по понижению свободного уровня жидкости (метод Винкельмана), или в закрытых цилиндрах по парциальной давлению паров. Для измерения И. в условиях, возможно близких к тем, какие имеются во всасывающих трубопроводах мотора (динамич. И.), НАМИ осуществлена следующая установка (фиг. 3). Жидкое топливо через карбюратор *K* подается в трубу *T*, через которую просасывается с помощью компрессора воздух (со скоростью до 40 м/сек). Часть топлива, образующая пленку на стенках трубопровода, в конце последнего улавливается захватными кольцами и стекает в собирательный сосуд *C*<sub>1</sub>. Оставшиеся неиспаренные капли падают на рупорный экран *P* и стекают в собирательный сосуд *C*<sub>2</sub>. Т. о. оказываются возможным уловить всю неиспарившуюся в трубе часть топлива, а отсюда узнать и количество испарившегося топлива.

Во всех случаях И. жидкости может испариться нацело лишь в количестве, к-рое соответствует давлению насыщения. Упругость насыщенного пара является важнейшим фактором для процесса И. Чем больше упругость насыщенных паров при данной *t*<sup>0</sup>, тем больше для насыщения требуется вещества, тем большее количество жидкости может испариться. Упругость насыщенных паров

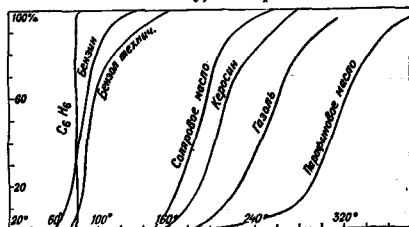


Фиг. 3.

равняется атмосферному давлению при *t*<sup>0</sup><sub>кип.</sub> Отсюда, чем ниже *t*<sup>0</sup><sub>кип.</sub> данной жидкости, тем последняя более «летуча», тем сильнее она испаряется.

Если обратимся к сложным жидкостям, являющимся смесями из целого ряда компонентов (а таковы все наши жидкие топлива — бензины, керосины, нефть, технические или моторные бензолы и т. д.), то они выкипают уже не при одной *t*<sup>0</sup>, а по фракциям. Так, в техническом бензоле, представляющем смесь бензола, толуола, ксилола и сольвента, должна была бы сначала, ок. 80° выкипать бензольная фракция, затем, ок. 110° — толуольная, ок. 130° — ксилольная и т. д. На самом же деле кипение начинается действительно ок. 80°, но жидкость при дальнейшем подогреве продолжает все время нагреваться и кипение идет непрерывно до тех пор, пока все, даже трудно испаряющиеся фракции, не улетят. Для характеристики таких

сложных жидкостей служит так наз. кривая разгонки (фиг. 4), дающая % по отношению к первоначальному весу (в технике часто к объему) испарившейся части



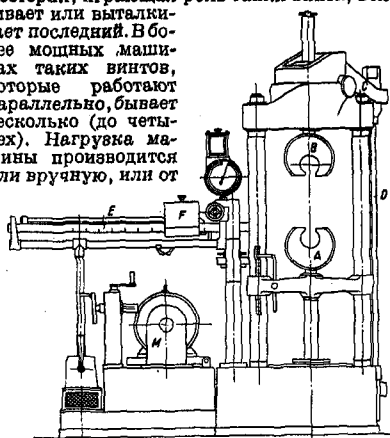
Фиг. 4.

жидкости до данной *t*<sup>0</sup>. Законы И. смесей очень сложны и до сего времени не выяснены. Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 3, Берлин, 1923; Любоставский Г., Основания учения о погоде, П., 1916; Вильямс С. И., Теория карбюраторов и расчет карбюраторов, М., 1927; Шулэвин В. В., Кинетическая теория испарения, «Журн. физика», 1928, т. 50, стр. 527; Альтранд Е., Verdampfen, Kondensieren und Kühlen, 6 Aufl., В., 1918; Klaffen Z., «Motorwagen», Berlin, 1921, H. 11, 13, 14; Heinlein F., Experimentelle Untersuchung der physikalischen Eigenschaften mittlerer u. schwerer Brennstoffe, ibid., 1926, H. 4, 8, 28, 31; Флинн В. W. und Лрисов А., Methoden zur Verdampfungsuntersuchung flüssiger Brennstoffe, ibid., 1929.

**ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛОВ**, экспериментальное определение их механич. и физич. свойств, знание которых необходимо для расчета сооружений и машин. В более узком смысле слова под И. м. подразумевается механич. испытание с целью выяснения механич. прочности материала. На практике применяются следующие виды механич. испытания: 1) на разрыв (растяжение), 2) на раздробление (сжатие), 3) на изгиб, 4) на загиб, 5) на кручение, 6) на твердость, 7) на усталость, 8) на удар, 9) на износ, 10) на обрабатываемость и 11) технологические пробы. Для различных специальных материалов (бумага, проволока, жест, ремни, цементы, камень, дерево, дорожные материалы) употребляются кроме того особые методы, здесь не упомянутые.

**1. Испытание на разрыв.** Испытание на разрыв представляет собой основную и наиболее распространенный вид И. м. Для производства испытания служат испытательные машины, назначение к-рых сообщать образцу из испытуемого материала удлинение и одновременно измерять величину растягивающей силы. По механической схеме различают машины: а) задающие постоянную скорость деформации (например посредством винтового пресса) и б) задающие постоянную скорость нагружения (напр. посредством равномерного перемещения груза по нагружаемому рычагу). Отчетливое изучение законов механич. сопротивления материалов возможно только при первой схеме, почему она получила почти исключительное распространение. По техническим приемам работы машины классифицируются в зависимости от устройства а) механизма для производства деформации и б) механизма для измерения силы. Первый обычно бывает или

механическим, в узком смысле слова, или гидравлическим. В первом случае применяется почти исключительно винт, натягиваемый шестерней с червячной передачей; при вращении червяка шестерня, играющая роль гайки винта, втягивает или выталкивает последний. В более мощных машинах таких винтов, которые работают параллельно, бывает несколько (до четырех). Нагрузка машины производится или вручную, или от



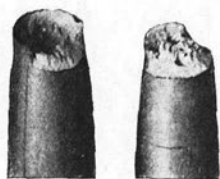
Фиг. 1.

электромотора (в последнем случае непосредственно), или при помощи трансмиссии. Для работы на разных скоростях либо ставятся моторы, допускающие достаточно широкое изменение скорости, либо между мотором и машиной включают специальную переменную передачу. Последняя строится или по принципу фрикционной передачи (европ. система) или по принципу коробки скоростей (америк. система). При наличии механич. двигателя параллельная возможность работы от руки является обязательной для каждой машины, так как пользование зеркальным прибором для измерения упругих деформаций при работе мотора невозможно.

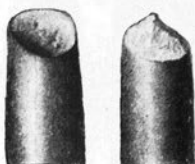
Гидравлическое производство деформаций достигается посредством гидравлического пресса, особенно часто — при машинах большой мощности (свыше 100 т). В простейших случаях употребляется простой ручной насос, которым рабочая жидкость (обычно — касторовое масло) нагнетается под поршень машины, с давлением до 200 атм. При более крупных установках применяются электромоторы. Гидравлич. привод позволяет работать на аккумуляторах, в которых жидкость под определенным рабочим давлением заготавливается впрок. Аккумуляторы бывают гравитационные, паровые и воздушные; последние применяются обычно лишь при отдельных машинах для смягчения толчков насоса, тогда как первые и вторые обслуживают группу машин. В этом случае громоздкие аккумуляторные и насосные установки м. б. вынесены из машинного зала, а управление машинами становится особенно простым и заключается лишь в притокрывании или закрывании распределительного крана.

Механич., измеряющий силу, применяется обычно одного из следующих четырех типов: 1) рычаг с грузом, 2) пружинный динамометр (с рычажной передачей и без нее), 3) металлич. манометр, 4) ртутный манометр.

1) Рычаг с грузом применяется в трех видах: подвижной груз, неподвижный груз и маятниковый рычаг. Подвижной постоянный груз перемещается по длинному плечу снабженному шкалой рычага, на короткий конец которого измеряемая сила действует непосредственно (Мор и Федергаф) или после многократного уменьшения системой промежуточных рычагов (Олсен, Риле, Альфа). Перед каждым отсчетом рычаг приводится в горизонтальное положение, проверяемое явчниками, как у десятичных весов, стрелкой с рычажной передачей или уровнем. Груз снабжен указателем с нониусом, по которому берется отсчет шкалы. К этой группе машин относится большинство рычажных машин: русские — А. Гагарина, германские — Мора и Федергафа, Лозенгаузена, английские — Буктона, американские — Олсена, Риле и шведские — Альфа. Большой частью эти машины снабжаются автоматич. приспособлением, устанавливающим подвижной груз в положение равновесия (часовой механизм, электромагнитная связь, фрикционный механизм, переключатель перемещающего груз мотора и т. п.). На фиг. 1 изображена получившая большое распространение рычажная машина Мора и Федергафа (изготавливается силой до 50 т). Здесь А — нижний захват образца, опускаемый с помощью механич. привода, заключенного в колок машины и обслуживаемого мотором М; В — верхний захват, передающий нагрузку при помощи системы рычагов и тяг С, D на рычаг со шкалой Е, по которому перемещается уравнивающий груз F. Неподвижный перемещаемый груз остается приложенным к одной и той же точке рычага, но изменяется по величине так, чтобы рычаг становился каждый раз в горизонтальное положение. Груз составляется при этом из десятичного набора гирь, которые вешаются на рычаг в определенной последовательности. Способ этот обладает большой точностью и применяется в наиболее точных машинах Маргенса (фиг. 2), Эмери (Селлерс), Верлера. Машина Эмери (имеется в Механической лаборатории Ленинградского политехнического института) отличается совершенно исключительной чувствительностью, вполне отвечающей точности, с которой м. б. измерена сила. Построенная впервые для арсенала Уотертаун-Бостона, она позволила при испытании разорвать железный стержень диаметром 125 мм с измеренным сопротивлением в 328 т и вслед за ним конский волос толщиной 0,075 мм с сопротивлением в 450 г. Маятниковый рычаг измеряет момент уравнивающего груза посредством изменения угла наклона маятника. При этом сила, действующая на короткое плечо маятника, в малых машинах передается непосредственно от образца, в больших же машинах — уменьшена системой



1



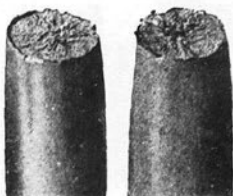
2



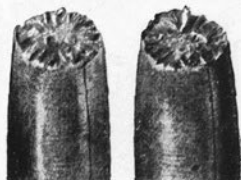
3



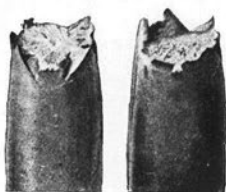
4



5



6



7



8



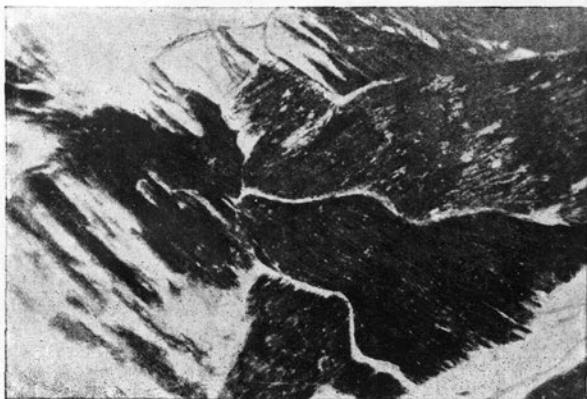
11



9



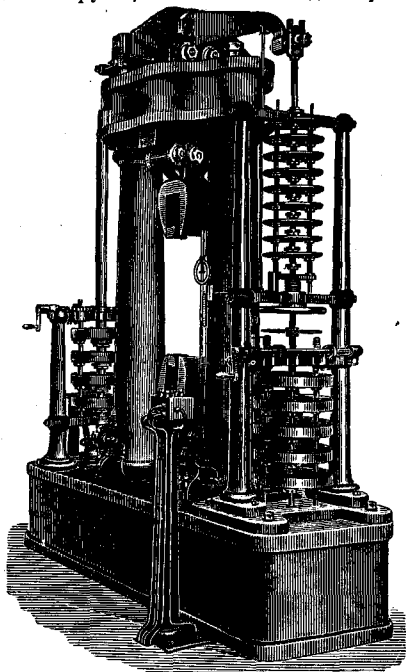
10



12

промежуточных рычагов (машины Шоппера—фиг. 3, Польмейера, новейшие машины Мора и Федергафа).

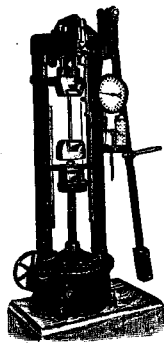
2) Пружинные динамометры обычно применяются лишь для самых малых нагрузок, и только в последнее время



Фиг. 2.

фирма Шпис в Германии использовала их для испытательных машин обыкновенной мощности. Удобство пружинного динамометра состоит в возможности непосредственного отсчета нагрузки в каждый момент испытания; надежность его однако меньше, чем рычага с грузом.

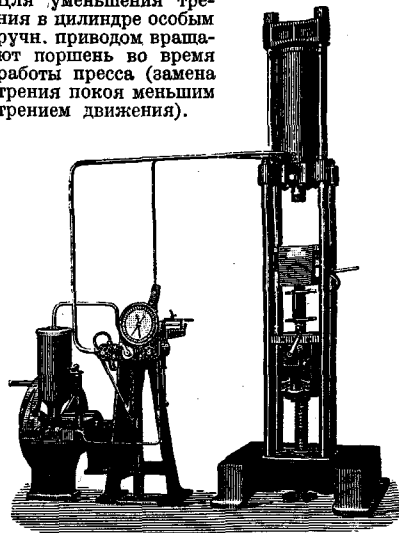
3) Металлические манометры (Бурдона) применяются в испытательных машинах путем непосредственного присоединения к рабочему гидравлическому цилиндру машины, что возможно только в машинах с гидравлич. производством деформаций, и путем включения в механизм особого передаточного органа, превращающего силу механического сопротивления образца в гидростатическое давление. В первом случае манометр измеряет давление жидкости в рабочем цилиндре, которое, будучи умноже-



Фиг. 3.

но на площадь поршня, дает величину усилия, передаваемого на образец (здесь остается неучтенной потеря на трение поршня о стенки цилиндра, достигающая 0,5—1% от нагрузки). При втором способе между захватом машины и манометром ставится особый гидравлическ. трансформатор (Messdove—измерительная коробка), трансформирующий механическое усилие в гидравлич. давление. Он представляет собой (см. Динамометры, фиг. 2) низкий гидростатический цилиндр с поршнем, на который непосредственно действует измеряемая сила. Для того чтобы при передаче давления на жидкость не имела места заметная потеря на трение, в нем применен принцип упругой мембраны (металлической или резиновой), перекрывающей зазор между поршнем и стенками цилиндра. Преимущество этого способа измерения нагрузок заключается в непрерывности показаний прибора; недостаток—в затруднительности поверки и контроля, а также в меньшей точности по сравнению с рычажными приборами. Метод предпочтителен в заводской обстановке, при быстрой и интенсивной работе. Кроме трансформаторов прямого действия в испытательных машинах встречаются и обратные, превращающие гидростатическое давление рабочего цилиндра в механическое усилие, отклоняющее маятник. На фиг. 4 показана машина Амслера (Швейцария), строящего все свои машины с гидравлич. производством деформаций. Сила измеряется при помощи маятникового манометра, приводящего в движение стрелку циферблата. Для уменьшения трения в цилиндре особым ручн. приводом вращают поршень во время работы пресса (замена трения покоя меньшим трением движения).

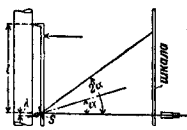
но на площадь поршня, дает величину усилия, передаваемого на образец (здесь остается неучтенной потеря на трение поршня о стенки цилиндра, достигающая 0,5—1% от нагрузки). При втором способе между захватом машины и манометром ставится особый гидравлическ. трансформатор (Messdove—измерительная коробка), трансформирующий механическое усилие в гидравлич. давление. Он представляет собой (см. Динамометры, фиг. 2) низкий гидростатический цилиндр с поршнем, на который непосредственно действует измеряемая сила. Для того чтобы при передаче давления на жидкость не имела места заметная потеря на трение, в нем применен принцип упругой мембраны (металлической или резиновой), перекрывающей зазор между поршнем и стенками цилиндра. Преимущество этого способа измерения нагрузок заключается в непрерывности показаний прибора; недостаток—в затруднительности поверки и контроля, а также в меньшей точности по сравнению с рычажными приборами. Метод предпочтителен в заводской обстановке, при быстрой и интенсивной работе. Кроме трансформаторов прямого действия в испытательных машинах встречаются и обратные, превращающие гидростатическое давление рабочего цилиндра в механическое усилие, отклоняющее маятник. На фиг. 4 показана машина Амслера (Швейцария), строящего все свои машины с гидравлич. производством деформаций. Сила измеряется при помощи маятникового манометра, приводящего в движение стрелку циферблата. Для уменьшения трения в цилиндре особым ручн. приводом вращают поршень во время работы пресса (замена трения покоя меньшим трением движения).



Фиг. 4.

4) Ртутные манометры, применяемые только для машин с гидравлическим производством деформаций, в последнее время почти совсем вышли из употребления.

Для измерения упругих деформаций и  $\delta$ , в виду их обыкновенно незначительной величины, требующей точности порядка  $10^{-3}$  мм, применяются специальные измерительные приборы. Из них наибольшим распространением пользуется веркальный прибор Мартенса (фиг. 5). Удлинение образца вызывает поворот прижатой к нему стальной призмы, к которой прикреплена зеркальце  $S$ . Угол поворота зеркальца  $\alpha$ , пропорциональный (при малых деформациях) удлинению образца  $\Delta$ , измеряется методом Поггендорфа-Гаусса с помощью шкалы и зрительной трубы. Для исключения влияния изгиба к образцу прикрывают два прибора на диаметрально противоположных его образующих. Обыкновенно величина деления шкалы соответствует 0,002 мм удлинения.



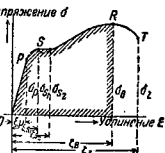
Фиг. 5.

Для той же цели служат экстенсометры с микроскопами (Юнга), малоудобные по своей тяжести, но простые в обращении; экстенсометры с микрометрическими винтами (кембриджский, Олсена), работающие по нулевому способу (т. е. не дающие непрерывных показаний) и в этом отношении неудобные; экстенсометры с механич. передачей на стрелку (Кеннеди, Олсен и Риле), доведенные последнее время (американские типы) до высокого совершенства, свободные от мертвого хода, допускающие быструю установку и дающие точность одного порядка зеркальным прибором. Экстенсометры, построенные на принципе интерференции света (Менаже, Грюнейзен), измерения электропроводности (Гийери) или радиотехничес. методике (Виддингтон, Генфорд), применяются только при научных изысканиях, когда требуется повышенная точность.

Измерение неупругих деформаций производится простыми методами: масштабными линейками, штангенциркулями, простейшими экстенсометрами с механической передачей (Кеннеди) и т. п. В результате испытания строится диаграмма растяжения либо по точкам либо с помощью различных автографических приспособлений, которыми обычно снабжены испытательные машины. По одной оси откладываются относительные удлинения  $\epsilon$  (отношение приращения длины образца к его начальной длине), по другой — напряжения  $\sigma$  (отношение растягивающей силы к исходной площади поперечного сечения  $F_0$ ). Для железа и мягкой стали типовая диаграмма растяжения имеет вид, показанный на фиг. 6. До точки  $R$ , по закону Гука, сохраняется пропорциональность между  $\sigma$  и  $\epsilon$  (предел пропорциональности); практически до той же точки материал не получает остающихся деформаций (предел упругости). Коэффициент пропорциональности  $E$  между напряжениями  $\sigma$  и удлинениями  $\epsilon$  образца в формуле  $\sigma = E\epsilon$  носит название модуля упругости, или модуля Юнга. При точке  $S$  образец сразу получает значитель-

ное остаточное удлинение (1—2%) при постоянном значении силы, т. е. течет (предтекает), площадь текучести, критическая точка). Иногда (для образцов с плавным переходом от цилиндрической части к головкам) в начале участка текучести появляется зубец, свидетельствующий о неустойчивом повышении напряжения выше предела текучести. При дальнейшем увеличении деформаций сопротивление образца снова возрастает (см. Наклеп), достигая максимума в точке  $R$  (временное сопротивление  $\sigma_B = \frac{P_{max}}{F_0}$ ), после чего начинается образование местного сужения (шейки), сопротивление образца падает, и наконец он рвется в точке  $T$ . Шейка имеет различный вид в зависимости от рода и качества материала (шкала изломов—вкладыш, 1—7).

В отношении пределов упругости и пропорциональности можно говорить об их значениях: а) истинных, недостижимых определению, б) приближенных, зависящих от точности приборов, и в) условных, определяемых ради однозначности каким-нибудь условным способом. Практическое значение имеет лишь последняя группа. Для предела упругости назначается предельная величина остаточного удлинения (от 0,001%, по нормам Международного объединения испытателей материалов, до 0,03%, по нормам лаборатории Круппа), для предела пропорциональности — предельная величина отклонения от прямолинейности (увеличение тангенса угла наклона касательной к оси напряжений на 50% — метод Джонсона, НКПС). Предел текучести ясно выражен только для немногих материалов, для к-рых он имеет физич. характер (мягкая сталь, некоторые сорта латуни после специальной обработки). Для стали появление площадки текучести, как показал Кестер, обусловлено разрывом хрупкой цементитной оболочки зерен, образовавшейся при распадении (при 300—400°) растворенного в феррите углерода. Для остальных металлов на диаграмме растяжения перелом в точке  $S$  отсутствует и определяется условный предел текучести, задаваемый величиной пластической деформации (напр. в Германии 0,02%).



Фиг. 6.

После разрыва образца определяется его относительное удлинение  $\delta$ , или относительное увеличение расчетной длины  $l_0$  в процентах, и сужение шейки  $\psi$  (иногда называемое сжатием), или относительное уменьшение исходной площади поперечного сечения:

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0}; \quad \psi = \frac{F_0 - F}{F_0}.$$

Площадь диаграммы растяжения представляет собой работу деформации, а частное от деления ее на исходный объем образца — удельную работу деформации  $\alpha$ , которая измеряется в кж/см<sup>3</sup>, или в кг/см<sup>2</sup>. Эта работа почти полностью (за вычетом 5—15%) обращается в тепло, вызывая нагревание образца.

Если построить диаграмму и с т и н н ы х напряжений (т. е. отнесенных не к исходной, а к действительной величине площади сечения образца, то получающаяся кривая покажет непрерывное возрастание их до самого разрыва; соответствующее последней точке напряжение называется и с т и н н ы м с о п р о т и в л е н и е м разрыву и значительно превышает временное сопротивление (до двух раз и более).

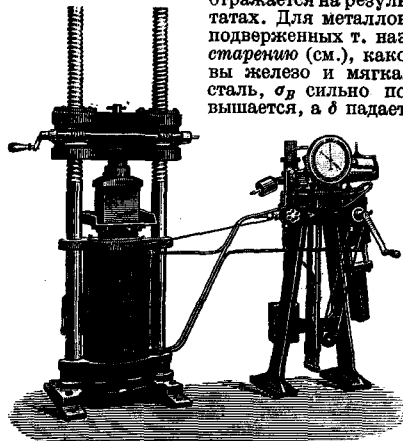
Для получения при испытании в разных условиях одинаковых результатов должны быть соблюдены пределы, требования, касающиеся размеров и формы образца и скорости испытания. Опытами установлено (закон подобия Барба и Кика), что одинаковые относительные деформации при одинаковых напряжениях получают только геометрически подобные образцы. Поэтому Международное общество испытания материалов установило нормальные типы подобных между собой круглых образцов нескольких размеров; в частности во всех случаях отношение расчетной длины (т. е. той длины, для которой и рассчитывается остаточное удлинение) к диаметру принято равным 10. Так как, по Баушингеру, удлинение не изменяется при замене круглых образцов прямоугольными (1 : 4) равновеликого поперечного сечения, то допускается применение и прямоугольных образцов; условие надлежащего соотношения размеров выражается при этом зависимостью:

$$l_0 = 11,3 \sqrt{F_0}.$$

При вычислении сужений шейки, как показали Закс и Кунце, для получения одинаковых с круглыми образцами результатов следует измерять толщину поперечного сечения шейки в самом узком ее месте (на середине ширины). Однако вследствие неоднородности материала и случайных причин даже вполне подобные образцы могут разорваться неодинаково, давая шейку то посередине, то вблизи головки. В последнем случае общее удлинение образца оказывается меньшим, и для получения сравнимых чисел измеряют удлинение условным способом, пересчитывая его на удлинение образца с шейкой посередине, а именно: измеряют относительное удлинение для половины расчетной длины, отсчитывая ее от места разрыва в сторону наиболее удаленной головки; для этого до начала испытания на поверхность образца с помощью делительной машины наносят деления через 0,5—1 см.

С к о р о с т ь испытания отражается на диаграмме испытания так, что увеличение скорости влечет за собой повышение всей диаграммы в целом. Для легкоплавких металлов (олово, свинец, цинк) это влияние проявляется весьма сильно и может привести к повышению временного сопротивления в несколько раз (так например, для цинка временное сопротивление при продолжительности испытания в 3 секунды составляет 38 кг/мм<sup>2</sup>, при 20 ч. — 7,9 кг/мм<sup>2</sup>). Для большинства же технических материалов влияние скорости в обычных пределах невелико (для стали увеличение скорости от нуля до 1,25% в ск. повышает  $\sigma_p$  на 2,5%; пре-

дел текучести повышается значительно, чем  $\sigma_p$ ); тем не менее требование одинаковой скорости нагружения является обязательным (принято не превышать 1 кг/мм<sup>2</sup> в ск.). Сильное уменьшение скорости испытания (разрыв в течение недель и месяцев) также отражается на результатах. Для металлов, подверженных т. наз. старению (см.), каковы железо и мягкая сталь,  $\sigma_p$  сильно повышается, а  $\delta$  падает;



Фиг. 7.

для остальных же металлов (цветные металлы), наоборот,  $\sigma_p$  резко понижается и в особо неблагоприятных условиях (некоторые сорта латуни), как показал Вельтер, может упасть даже до предела текучести.

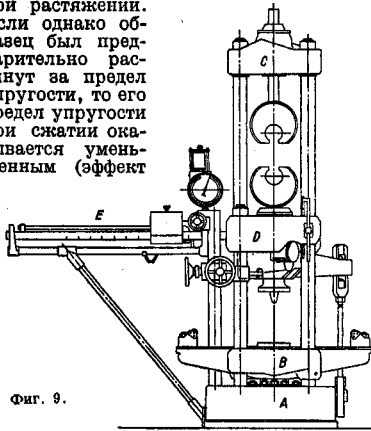
2. Испытание на сжатие. Испытание на сжатие имеет практич. значение лишь для хрупких материалов (чугун, камень), для к-рых изготовление образцов на разрыв и правильная центровка их в машине затруднительны. Испытательные машины для испытания на сжатие представляют собой обычно гидравлич. прессы (напр. пресс Амслера с маятниковым манометром, фиг. 7). Один из самых больших прессов построен Олсеном на 5 000 т (фиг. 8) и служит для испытания на раздробление целых столбов каменной кладки или крупных железных мостовых элементов (стержней). Некоторые машины на растяжение (Олсен, Эмери, Гагарин, Риле) позволяют также работать и на сжатие. Универсальные машины (фиг. 9) работают по желанию на растяжение, сжатие и изгиб. Гидравлический цилиндр А перемещает вверх балку В и связанную с ней поперечину С. Площадка D посредством системы рычагов передает



Фиг. 8.

направленное на нее снизу вверх усилие взвешивающему рычагу *E* с передвижным грузом. Образец, помещенный выше *D*, растягивается, помещенный же ниже—сжимается или изгибается.

Большинство материалов обладает при сжатии теми же модулем упругости, пределом упругости и пределом текучести, что и при растяжении. Если однако образец был предварительно растянут за предел упругости, то его предел упругости при сжатии оказывается уменьшенным (эффект



Фиг. 9.

Баушингера). Временным сопротивлением, как и при растяжении, называется отношение наибольшей (разрушающей) нагрузки к исходной площади поперечного сечения.

Разрушение при сжатии происходит различными способами. Пластичные материалы только сплющиваются, сохраняя целостность (железо—вкладной лист, 8); хрупкие ломаются либо от скалывающихся напряжений (чугун—вкладной лист, 9, а также каменные и бетонные кубики, которые дают при изломе две сходящиеся вершины пирамидки) либо от деформации поперечного расширения (те же кубики при наличии парафиновой смазки по плоскостям сопряжения с досками пресса). Особый вид испытания на сжатие составляет востороннее (гидростатическое) давление. При таком испытании достаточно однородные материалы не разрушаются (см. *Прочность*), а в случае неравенства главных сжимающих напряжений хрупкие материалы (мрамор, песчаник в опытах Кармана) становятся пластическими и обнаруживают под микроскопом в своих зернах линии сдвигов.

Так как во избежание проломящего изгиба (см.) отношения высоты *h* образца к его диаметру *d* не д. б. больше 4 для хрупких и 2,5 для пластичных материалов, то трение поверхностей образца о доски пресса, создавая фиктивное увеличение прочности, тем большее, чем короче и толще образец, оказывает существенное влияние на результаты по формуле:

$$R' = R + A \frac{d}{h},$$

где *A* и *R*—постоянные (Закс); образец

при сжатии принимает бочкообразную форму (вкладной лист, 8). Для исключения этого влияния предложено три способа: а) производя испытание сериями при разных  $\frac{d}{h}$ , экстраполируют результат на  $\frac{d}{h} = \infty$ ;

б) применяют образцы, имеющие форму фиг. 10, А (Трапезников); в) придают образцам и доскам пресса форму конич. поверхностей (фиг. 10, Б), образующие к-рых наклонены к плоскости поперечного сечения под углом трения (ок. 3° при наличии смазки, Зибель). При этих предосторожностях диаграмма сжатия для одного и того же металла совпадает с диаграммой растяжения, если в обоих случаях на одной оси откладывать истинные напряжения, а на другой—относительные деформации в виде отношения двух площадей поперечных сечений до и после деформации, ставя в числитель ту, которая меньше (Закс).

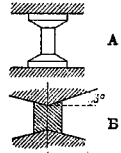
3. Испытание на изгиб. Это испытание производится или на специальных машинах (Амслера и др.) или на универсальных машинах (см. выше) и имеет практич. значение лишь для хрупких материалов (чугун, закаленная сталь, камень). В результате испытания определяется условное временное сопротивление на изгиб по формуле:  $\sigma = \frac{M}{W}$ , где *M*—наибольший изгибающий момент, а *W*—момент сопротивления исходного поперечного сечения образца; условность определяется вытекает из неприменимости ф-лы за предел пропорциональности. Для точного вычисления напряжений необходимо учесть различную форму диаграмм растяжения и сжатия (Бах).

Для хрупких материалов, у которых сопротивление разрыву ниже сопротивления раздроблению (чугун, камень), испытание на изгиб заменяет испытание на растяжение, имея преимущество большей простоты образцов и меньшей мощности машин.

Получение однозначных результатов требует соблюдения закона подобия. Для чугуна международные нормы устанавливают следующую зависимость между пролетом *l* и поперечным сечением *F* образца:

$$l = 33,3 \sqrt{F}.$$

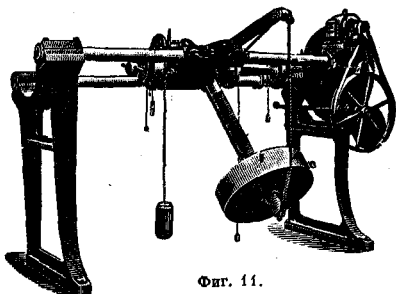
4. Испытание на кручение. Это испытание применяется редко. Машины для него обычно имеют горизонтальное расположение образца (фиг. 11), закручиваемого вручную или от привода. Скручивающий момент *M* измеряется по углу отклонения тяжелого маятника, ось привеса которого совпадает с осью образца; угол закручивания—по разности углов поворота обеих головок образца. Условное временное сопротивление на кручение определяется по той же ф-ле, что и при изгибе, где *M* означает наибольший скручивающий момент, а *W*—полярный момент сопротивления. Материалы, у к-рых сопротивление разрыву меньше сопротивления скалыванию (напр. чугун), ломаются при кручении



Фиг. 10.

по винтовой линии (вкладной лист, 10), т. е. по траектории главных напряжений; при обратном соотношении разрушение идет по плоскости, перпендикулярно к оси образца.

**5. Испытание на срезывание.** Испытание на срезывание не м. б. произведено в чистом виде, всегда сопровождаясь побочным явле-



Фиг. 11.

нием изгиба. Обычно это испытание производится на двойном перерезывании; временное сопротивление на срезывание  $\sigma_s$  условно вычисляется по формуле  $\sigma_s = \frac{P}{2F_0}$ , где  $P$  — перерезывающая сила и  $F_0$  —

поперечное сечение образца. Определение сопротивления срезыванию имеет особое значение для таких анизотропных материалов (дерево), у которых оно значительно понижено (скальвание вдоль волокон).

**6. Испытание на твердость.** Понятие твердости, как физич. величины, до сих пор не установлено. Поэтому ее определение заменяется условными технологическими методами, к-рых применяется несколько.

**Статические методы.** а) Проба Бринеля заключается во вдавлинии в образец стального шарика определенного диаметра  $D$  под определенной нагрузкой  $P$ , в измерении диаметра отпечатка  $d$  и вычислении среднего напряжения, приходящегося на  $1 \text{ мм}^2$  поверхности отпечатка (твердость по Бринелю —  $H_{Br}$ ):

$$H_{Br} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Для получения твердости по Мейеру ( $H_M$ ) делят силу на площадь проекции отпечатка:

$$H_M = \frac{4P}{\pi d^2}$$

Между твердостью по Мейеру и диаметром отпечатка существует зависимость, выражаемая показательной функцией:

$$H_M = H_0 \left( \frac{d}{D} \right)^{n-2}$$

где  $H_0$  и  $n$  — постоянные. По  $H_{Br}$  можно грубо вычислить и временное сопротивление  $\sigma_B$  стали по эмпирич. ф-ле:  $\sigma_B = 0,36 H_{Br}$  для углеродистых и  $\sigma_B = 0,34 H_{Br}$  для хромоникелевых сталей. Неудобство пробы Бринеля заключается: 1) в необходимости двух раздельных операций нагружения и измерения диаметра; 2) в невозможности измерения твердости закаленных сталей; 3) в порче

поверхности испытываемого предмета. Эти недостатки устранены в следующей пробе.

**б) Твердость по Роквеллу.** В исследуемый предмет вдавливаются стальной шарик диаметром  $\frac{1}{16}$  дм. (1,5 мм) или алмазный конус с углом при вершине в  $120^\circ$ , сначала при нагрузке в 10 кг, потом в 100 (или 150) кг. Разность углублений, произведенных вторым и первым нагружением, измеряется автоматически и отсчитывается по циферблату стрелкой в условных единицах, дающих число твердости по Роквеллу с помощью одной только операции в течение 6 сек. Остаточные на предмете отпечатки мало заметны. Измерение эффекта разности двух грузов позволяет не заботиться о состоянии поверхности. Алмазный конус допускает испытание закаленной стали любой твердости.

**в) Твердость по Викерсу.** Вдавливается алмазная четырехгранная пирамида (угол  $136^\circ$ ) под нагрузкой в 50 кг и измеряется диагональ полученного квадратного отпечатка. За число твердости принимается отношение нагрузки к поверхности отпечатка, прочитываемое по особым таблицам. Получающиеся числа совпадают с числами Бринеля. Специальная машина позволяет быстро произвести отпечаток с помощью ножной педали, опустить столки с предметом, подвинуть микроскоп с микрометром и произвести измерение диагонали.

**г) Твердость по Герберту.** На отшлифованную поверхность образца ставится подковообразный (весом 2—4 кг) маятник, опирающийся с помощью стального или алмазного шарика диаметром в 1 мм; ц. т. маятника лежит на 0,1 мм ниже центра шарика. Маятник сообщает легкие качения и измеряют с помощью секундомера продолжительность 10 полукачаний, к-рая и принимается за число твердости по Герберту —  $H_H$ . Чем мягче материал, тем меньше радиус кривизны сделанного в нем шариком отпечатка и тем короче период колебания шарового маятника. Для стекла например  $H_H = 100$ . Числа  $H_H$  не пропорциональны  $H_{Br}$ , но располагают металлы в тот же ряд. Для перевода на шкалу Бринеля служат формулы:

$$H_{Br} = 10H_H \text{ для } H_H \geq 33,3;$$

$$H_{Br} = 0,3H_H \text{ для } H_H < 33,3.$$

Отпечатки при пробе Герберта совсем незаметны на глаз.

**д) Твердость по Мартенсу** определяется на особом приборе (склерометре) при помощи царапания поверхности образца алмазным конусообразным (угол  $90^\circ$ ) резцом; ширина черты измеряется посредством микроскопа; за число твердости по Мартенсу принимается нагрузка в г (определяемая интерполированием между двумя опытными нагрузками), при которой ширина черты получается в 0,01 мм. Твердость по Мартенсу отличается от всех упомянутых выше тем, что в основу ее положен процесс резания, а не пластич. деформация. Этим способом можно измерять различную твердость отдельных составляющих сплавов (фаз). Твердость по Мартенсу кроме того



не увеличивается от наклепа, в противоположность  $H_{Br}$  и др.

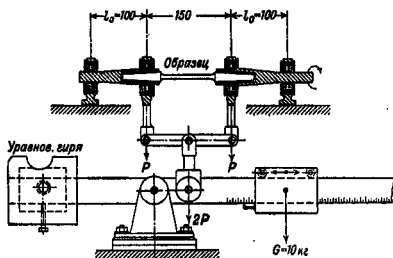
**Динамические методы.** Они имеют преимущество легкого и простого оборудования, но дают несравнимые со статическими и не всегда достаточно устойчивые числа. а) Метод отскока и в а н и я сводится к измерению относительной высоты отскока стального шарика, падающего на исследуемую поверхность; чем мягче металл, тем больше работа пластич. деформации и тем меньше часть энергии, принимающая потенциальную форму и обуславливающая высоту подскока. В склероскопе Шора падает маленькая баба (2,5 г) с алмазным наконечником. Высота отскока измеряется на-глаз в условных единицах по шкале Шора, для которой 100-е деление отвечает закаленной стали.

б) Метод отпечатка аналогичен пробе Бриелля. На образец падает с определенной высоты небольшая баба с шариком на конце (копер Вюста, Николаева), оставляя отпечаток, диаметр к-рого измеряется под микроскопом. Отношение работы деформации к вытесненному объему отпечатка (для черных металлов) не зависит от энергии удара и диаметра шарика и выражает динамическую твердость по Мейеру (в  $кг/мм^2$ ); со статич. твердостью она не совпадает. Часто стараются использовать ударные приборы для получения статической твердости по Бриеллю; по существу это недопустимо, но с некоторым приближением осуществляется при условии работы при одной высоте падения и составления эмпирич. таблиц для перехода от диаметров ударных отпечатков к твердости по Бриеллю. П р у ж и н ы е у д а р ы к и (Бауман, Шоппер) сообщают бабе начальный толчок действием пружины. М о л о т к и для измерения твердости (Польдиготте) производят удар произвольной силы одновременно по образцу и эталонному материалу; твердость вычисляется (очень приближенно) из сравнения диаметров обоих отпечатков.

**7. Испытание на усталость.** Усталостью материала называется хрупкое разрушение его под действием большого числа переменных нагрузок, значительно меньших, чем временное сопротивление. Однократный переход напряжения от наименьшего к наибольшему и обратно называется ц и к л о м; если крайние напряжения в цикле равны и противоположны по знаку, цикл называется с и м м е т р и ч н ы м. Алгебраич. разность крайних напряжений в цикле называется а м п л и т у д о й, или и н т е р в а л о м, цикла. Чем меньше амплитуда, тем больше число циклов  $N$ , приводящее к разрушению образца; при приближении  $N$  к бесконечности (практически к 2—10 млн.) амплитуда стремится к определенному пределу. Отвечающее последнему наибольшее крайнее напряжение в цикле называется п р е д е л о м у с т а л о с т и (выносливости)  $\sigma_r$ .

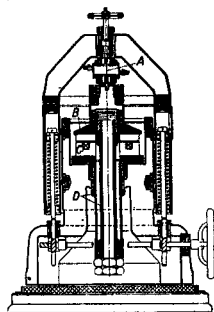
Машины для испытания на усталость устраиваются двух главных типов: на изгиб и на растяжение-сжатие. В машине Шенка, работающей на изгиб,

образец, снабженный наконечниками, вращается электромотором, оставаясь все время под нагрузкой двух симметричных вертикальных сил (фиг. 12), сообщающих ему круговой изгиб (с постоянным моментом). Величина нагрузки  $P$  м. б. изменяема перемещением рабочего груза по рычагу. Каждая точка поверхности образца за время одного оборота проходит через полный симметричный цикл напряжений. Машина снабжена



Фиг. 12.

приспособлениями для измерения: 1) прогибов под грузами (часы Цейсса); 2) вращающего момента (по реакции на статор мотора, подвешенный по типу маятника); и 3) темп-ры образца (термопара). Для машин этой группы часто применяют также простой изгиб консольного образца (Альфа, Амслер, Олсен). Машина Шенка-Ганемана, которая работает на растяжение-сжатие (фиг. 13), построена по принципу резонанса, впервые примененном для этой цели Голкинсом. Образец  $A$ , неподвижно укрепленный верхним концом, несет на нижнем тязе-желый груз  $B$ , служащий якорем электромагнита  $C$ . Переменный ток, питающий электромагнит, раскачивает якорь и в случае резонанса его частоты с частотой (500 пер/сек.) собственных колебаний механич. системы, состоящей из образца, якоря и связанных с ними двух упругих стальных труб  $D$ , доводит амплитуды напряжений в образце до максимума. На-



Фиг. 13.

определяют посредством измерения (под микроскопом) упругой его деформации. Другие машины (Стентон и Верстау, Рейнольдс и Смит) строятся по принципу использования сил инерции движущегося взад и вперед противовеса; они часто дают ошибочные показания вследствие побочных напряжений, вызываемых сотрясениями. Строятся также машины на кручение (Лозенгаузен, Шенк, Филь-Буземан), на повторный изгиб без вращения (фирма MAN) и др. Самое испытание отнимает всегда много времени (порядка недели) и требует расхода

от 8 до 10 образцов, ломаемых при различных нагрузках для возможности построения диаграммы: амплитуда напряжений—число циклов разрушения.

Изломы усталости всегда типичны по виду (вкладной лист, 11) и обычно состоят из очень гладкой волокнистой зоны усталости и из зоны неизменного кристаллического слоения. Несмотря на кажущееся структурное различие, в действительности зерно металла не меняется, как это легко обнаружить на шлифах, и не происходит, как думали раньше, никакой рекристаллизации. Под действием переменных напряжений, которые в отдельных точках вследствие неоднородности материала выходят за предел упругости, появляются местные остающиеся деформации; накопление последних (вкладной лист, 12) приводит к трещине, которая постепенно распространяется вглубь сечения и вызывает излом. Поэтому одна из обычных причин изломов усталости—концентрация напряжений вблизи мест резких изменений формы изделия (канавка для шпонок, крутые выкружки сопряжений и т. п.).

Установить постоянную связь предела усталости с другими механическими свойствами не удается. Ближе других  $\sigma_f$  связано с твердостью по Бриелю, отчасти—с временным сопротивлением ( $\sigma_t$  составляет 0,36—0,68 от  $\sigma_t$ , Мур и Коммерс). По отношению к пределу упругости  $\sigma_f$  оказывается то ниже, то выше и даже превышает иногда предел текучести (мягкое железо, медь), что естественно, так как в циклическом состоянии устанавливается свой особый предел упругости (текучести), отличный от статического. На этом основаны ускоренные способы определения  $\sigma_f$ : а) при испытании изгибом измеряют с большой точностью прогиб конца образца на ходу машины при все возрастающих нагрузках, наблюдая момент отклонения от пропорциональности (Гафф); б) измеряют темп-ру образца при возрастающих нагрузках и устанавливают момент резкого увеличения нагревания (Мур и Коммерс, Стромeyer) и в) измеряют рассеяние энергии, приходящейся на один цикл (площадь петли гистерезиса), и определяют момент резкого его возрастания (Лер). Все эти способы дают надежные результаты лишь для не особенно твердых, и притом черных, металлов. При несимметричных циклах величина безопасного интервала усталости уменьшается по мере отклонения среднего напряжения в цикле от нуля и стремится к нулю при приближении крайнего напряжения к временному сопротивлению. Зависимость предела усталости  $\sigma_{max}$  от отношения крайних напряжений  $n = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$  в несимметричном цикле, по Муру и Коммерсу, выражается ф-лой:

$$\sigma_{max} = \sigma_f \frac{3}{2-n},$$

где  $\sigma_f$ —предел усталости симметричного цикла.

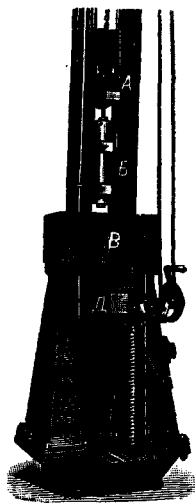
На предел усталости оказывает некоторое влияние скорость испытания. Как и при всяком испытании, повышение скорости уменьшает деформацию, а сле-

довательно и вред от нагрузки. Влияние скорости начинает чувствоваться (для железа), начиная с 4 000 циклов в мин.; при 60 000 циклов предел усталости повышается на 7,5% (Дженкин).

Для испытания на усталость при ударных скоростях строятся специальные машины (Крупша, Стентона), работающие на повторный ударный изгиб в сменяющихся направлениях (образцы на двух опорах с надрезом посередине). Эти испытания не дают ничего нового, так как при большой величине энергии каждого удара они приближаются по результатам к ударной пробе, а при очень малой—к статической усталости.

**8. Испытание на удар.** Оно производится или на разрыв или на изгиб (реже на сжатие). Для испытания на разрыв строятся по б. ч. вертикальные копры. Копер Амслера (фиг. 14) состоит из двух направляющих, по к-рым движется система из двух баб А и Б, связанных собой образцом. Верхняя баба, имеющая заплечики, ударяется ими о массивную наковальню В и останавливается; нижняя баба проходит через отверстие наковальни свободно и разрывает образец, расходуя на работу разрыва свою живую силу. Расход определяется с помощью измерения скоростей бабы до и после разрыва, для чего баба В снабжена карандашом, чертящим при падении диаграмму на быстро вращающемся цилиндре Д. Измеренную работу деформации делят на рабочий объем образца и получаемую удельную работу деформации (в  $\text{кж/см}^3$ ) сравнивают с такой же работой при статич. испытании геометрически подобного образца; отношение первой ко второй для материалов, не обладающих ударной хрупкостью, не д. б. меньше 1 (обычно 1,10—1,60).

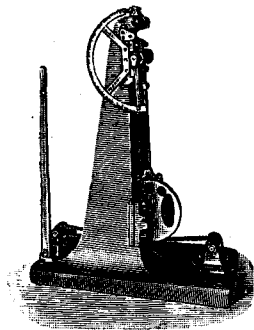
Измерение сил при ударе представляет большие трудности и в лабораторную практику еще не вошло. В отдельных исследованиях применялись следующие способы: а) кинематический—двукратное дифференцирование кривой, изображающей путь бабы в функции от времени; полученное ускорение (отрицательное), умноженное на массу бабы, дает силу удара; б) динамометрический—применение упругих динамометров (две прижимаемые друг к другу лезвия, дающие кольца Ньютона, диаметр которых зависит от давления, или пьезокварцевая пластинка, заряд к-рой пропорционален силе) или неупругих (медные цилиндрики-крешеры, степень



Фиг. 14.

осадки  $k$ -рых зависит от наибольшего мгновенного усилия). Показание упругих динамометров нередко искажаются вибрациями; неупругие же заключают в себе неустраняемую ошибку, происходящую от распространения статич. тарирования на динамич. процессы. В результате этих измерений всегда оказывается, что динамическ. временное сопротивление выше статического (превышение до 100%); предел текучести также повышен, и притом больше, чем временное сопротивление, на 20—80%. Удлинение или равно или больше статического; сужение шейки почти такое же. Характерная ударная хрупкость проявляется при этом испытании у очень немногих металлов (например у стали с содержанием фосфора  $> 0,10\%$ ).

Испытание на изгиб (излом) надрезанных образцов имеет крупные преимущества: оно требует более дешевых и простых машин и позволяет обнаружить опасную хрупкость там, где испытание на разрыв дает хорошие результаты. Для испытания на изгиб употребляются  $m$  и  $a$  т и  $k$  о в ы е к о п ы р ы (фиг. 15). Тяжелый маятник, падая, ударяет по образцу, лежащему на двух опорах (в копре Изода образец зажат одним концом в тиски и получает удар по другому), и ломает его, ирасскодованная живая сила изменяется по разности потенциальных энергий маятника до начала падения и при окончании влета после излома:  $G(H-h)$ , где  $G$ —вес маятника,  $H$  и  $h$ —начальная и конечная высоты его ц. т. Образец имеет форму прямоугольного бруска, снабженного надрезом до половины высоты в средней части, состоящий из противоположной удар. Форма и размеры образца



Фиг. 15.

должны быть стандартизованы; однако до сих пор применяется несколько разных типов (Шарпи, Фремона, Менаже, Германского общества испытания материалов и др.).

За меру ударной вязкости принимается частное от деления работы деформации на рабочее поперечное сечение образца (за вычетом надреза) и выражается в  $кж/см^2$ . Появление хрупкого излома объясняется тем, что диаграмма растяжения волокон, прилегающих к надрезу, и в особенности предел текучести сильно повышены под влиянием надреза, создающего резкий градиент напряжений и тем затрудняющего деформацию, и под влиянием скорости; истинное же сопротивление на разрыв не зависит от этих факторов и при достаточно интенсивном действии последних может оказывать и и же сопротивление пластич. деформации (предела текучести). Благодаря этому на появление хрупкости влияют: а) темпера-

тура образца, понижение  $k$ -рой повышает предел текучести, увеличивая внутреннее трение, и тем облегчает наступление хрупкости; б) скорость удара, увеличение  $k$ -рой также повышает предел текучести; в) форма образца, т. к. широкие образцы с затруженной поперечной деформацией легче приводят к хрупкому излому, чем узкие. Хрупкий излом при комнатной температуре обнаруживают материалы, подвергнутые ненадлежащей термич. и механич. обработке, напр. крупнокристаллич. железо (рекристаллизация после т. наз. критического наклепа), старенное железо (получившее деформацию при 200—300°), хромоникелевая сталь, отпущенная с малой скоростью охлаждения (хрупкость отпуска); остальные виды испытания, в том числе ударный разрыв, не обнаруживают при этом никаких ненормальностей. Испытание на удар без надреза применяется только при приемке рельсов (см.).

9. Испытание на износ. Это испытание пока еще не стандартизовано и отличается разнообразием. Тр е н и е I р о д а. Самый распространенный способ—истирание образцов, прижимаемых определенной нагрузкой к вращающемуся чугунному, стальному или агатовому кругу, иногда в присутствии подсыпаемого равномерной струей истирающего порошка—наждака, стальных опилок (круг Ваушингера и др.). За меру изнашиваемости принимается потеря веса образца после прохода условленного пути трения (числа оборотов круга). Для исключения влияния случайных моментов, различия в отдельных опытах, испытания производятся по сравнительному методу, т. е. одновременно на двух образцах, из которых один служит эталоном. В машине Шпинделя (для рельсов) истирание производит стальной диск толщиной 1 мм, врезающийся при вращении в образец своим ребром на глубину, служащую мерой изнашиваемости. Тр е н и е II р о д а. Два образца, имеющие форму дисков, диам. 30—50 мм и толщиной 10 мм, взаимно прижаты определенной нагрузкой и получают вращение от привода машины во встречном направлении с одинаковой (чистое катание) или разной (катание, соединенное со скольжением) скоростью (машины Амслера, Мора и Федергафа). Износ также определяется взвешиванием.

Числа износа находятся в очень слабой связи с результатами других испытаний; лучшая связь замечается с твердостью по Бриеллоу.

10. Испытание на обрабатываемость производится (по Кеснеру) на специально сконструированном сверлильном станке. Сверло стандартной формы, работающая под определенной нагрузкой, после 100 оборотов дает отверстие, глубина  $k$ -рого и принимается за меру обрабатываемости испытуемого металла резанием. Самоуправляющийся аппарат рисует диаграмму глубины отверстия в функции от числа оборотов шпинделя. Чтобы исключить влияние различной заточки сверла на результаты, испытание ставится по способу сравнения испытываемых материалов с эталоном, обрабатываемым в начале и в конце каждой серии. Получаемые числа не стоят ни в какой зависимости от других механич.

свойств. Так, медь при одинаковой твердости по Бринелю с латуной показала в 4 раза худшую обрабатываемость.

**II. Технологические пробы.** Так называются специальные качественные испытания, которые дают в результате вместо числовых характеристик лишь утвердительный или отрицательный ответ. Проба на изгиб состоит в загибе испытываемой полосы в холодном или горячем состоянии с помощью пресса вокруг стержня определенного диаметра, или без стержня до схождения концов, или на определенный угол, причем не должно появляться трещин. Можно при этом оценивать качество металла степенью изгиба  $B$  до появления трещины по формуле:

$$B = 100 \frac{a}{2e} \%$$

где  $a$  — толщина полосы и  $e$  — радиус кривизны нейтральной оси при изгибе. Кузнецкие пробы (в горячем состоянии): а) проба на расщипывание плоского образца до увеличения ширины в 1,5—2 раза; б) проба на вдавливание плоского листа в форму со сферическим углублением; в) проба на осаживание стержня до определенной высоты ударами молотка; г) проба на раздачу отверстия конич. оправками, забиваемыми молотком; д) проба на продавливание дыр штампом и пр. Все эти пробы материал должен выдержать при заданных условиях без механич. повреждения.

*Лит.*: Оливер И., Современные методы испытания металлов, Л., 1927; Вэришвик О., Руководство по испытанию материалов, применяемых в машиностроении и строят. деле, пер. с нем., М.—Л., 1926—27; Мартенс А., Испытание строительных материалов, пер. с нем., ч. 1—Способы испытания, СПб, 1910; Давиденков Н., Динамик. испытание металла, Л., 1929; Давиденков Н., Руководство и практич. занятия в механ. лабораториях, Л., 1924; Сачс Г. и Фик Г., Der Zugversuch, Leipzig, 1926; Сачс Г., Grundbegriffe d. mechanischen Technologie d. Metalls, Lpz., 1925; Müllер W., Materialprüfung u. Baustoffkunde f. d. Maschinenbau, В., 1924; Меммлер К., Das Materialprüfungswesen, 2. Aufl., Stuttgart, 1924; Schulze G. und Völlhardte E., Werkstoffprüfung f. Maschinen- u. Eisenbau, Berlin, 1923; Дюнкер Р. W., Die Brinell'sche Kugeldruckprobe, Berlin, 1925; Вач С. и Ватсон R., Эластичность и Festigkeit, 9 Aufl., Berlin, 1924; Ватсон R. G. и Hyde J. H., A Treatise on Mechanical Testing, v. 1—2, London, 1922; Tim-

shenko S. and Lessels A., Applied Elasticity, Pittsburg, 1924; Gough H. J., The Fatigue of Metals, L., 1924; Moore H. F., A Compendium of J. V., The Fatigue of Metals, N. Y., 1927. М. Давиденков.

**ИСПЫТАНИЕ РАСТВОРОВ**, см. Растворы в строительном деле.

**ИСТОЧНИКИ СВЕТА** разделяются на две основные группы: 1) первичные И. с., которые излучают световую энергию самостоятельно, вследствие превращения в видимые радиации какого-либо другого вида энергии (напр. солнце, звезды и все виды искусственных И. с. собственного свечения) и 2) вторичные источники света, взаимодействующие способностью свечения от первичных источников (небесные тела, не обладающие высокой темп-рой, напр. луна и другие планеты, облачное небо, освещенные поверхности и части осветительных аппаратур).

В качестве генераторов видимых излучений первичные И. с. разделяются на два класса: 1) И. с.  $\beta$ -ного, или calorического, излучения (см. Излучение) и 2) И. с., работающие на принципе люминесценции (см.). Кроме того И. с. разделяются по видам первичной энергии, превращаемой в видимые излучения, на следующие три группы: 1) И. с., работающие на основе сжатия твердых, жидких и газообразных веществ; эта группа в свою очередь м. б. подразделена на две подгруппы: а) источники открытого пламени и б) источники с вольфрамовым катодом и теплом; 2) И. с. электрические, подразделяющиеся на 3 подгруппы: а) лампы накаливания, б) лампы с вольтовой дугой и в) лампы электролюминесцирующие (трубчатые); эти основные подразделения могут быть дополнены группировкой И. с. по некоторым признакам их конструкции и назначения; 3) И. с. холодного свечения, работающие по принципу различных видов люминесценции; эта последняя группа однако является группой будущего, так как вопрос о практическом применении этого принципа для осуществления источников света является пока очень мало разработанным. Таблица с указанием искусственных источников света, относящихся к 1-й и 2-й группам, приведена ниже. А. Иванов.

Классификация искусственных И. с.

№ по порядку	Название источника света	Принцип излучения	Род излучателя	Сфера применения
<b>I. Источники света, основанные на сжигании</b>				
<b>A. Твердого горячего</b>				
1	Горящее дерево и твердые органич. вещества . . . . .	Калорическое излучение	Пламя	Временное освещение в домашнем обиходе
2	Свечи стеариновые, восковые, парафиновые, салные и спермацетовые . . . . .	То же	То же	То же
<b>B. Жидкого горячего</b>				
3	Лампа Карселя . . . . .	» »	Пламя сурепного масла	Эталон силы света, ранее применявшийся во Франции
4	Лампа Вернон-Гаркура . . . . .	» »	Пламя паров пентана	То же, в Англии
5	Лампа Гейфера . . . . .	» »	Пламя амиллацетата	Эталон силы света, применяющийся в Германии

## Классификация искусственных И. с. (Продолжение.)

№ по порядку	Название источника света	Принцип излучения	Род излучателя	Сфера применения
6	Керосиновая лампа с плоским и круглым фитилем . . . . .	То же	Пламя керосина	Для освещения внутр. и наружных пространств То же
7	Лампа для легких масел . . . . .	" "	Пламя газолена, лигрона и т. д.	" "
8	Керосиноподобная лампа высокого давления . . . . .	Калорическое избират. излучение	Калильная сетка	То же
9	То же, высокого давления . . . . .	То же	То же	" "
10	Спиртокалильная лампа с фитилем . . . . .	" "	" "	" "
11	Спиртокалильная лампа с вертикальной сеткой . . . . .	" "	" "	" "
12	То же, с подвесной (инвертной) сеткой . . . . .	" "	" "	" "
<b>В. Газообразного горючего</b>				
<b>а) Каменноугольного газа</b>				
13	Горелка с двумя отверстиями . . . . .	Калорическое излучение	Пламя светильного газа	" "
14	Разреженная горелка . . . . .	То же	То же	" "
15	Аргандовская горелка . . . . .	" "	" "	" "
16	Регенеративная горелка Вернера Сименса . . . . .	" "	" "	" "
17	Газокалильная горелка стоячего типа нормального давления . . . . .	Калорическое избират. излучение	Калильная сетка	" "
18	То же, с инвертной сеткой . . . . .	То же	То же	" "
19	Газокалильная горелка стоячего типа высокого давления . . . . .	" "	" "	" "
20	То же, с инвертной сеткой . . . . .	" "	" "	" "
<b>б) Водяного газа</b>				
21	Нормальная газокалильная горелка . . . . .	" "	" "	" "
<b>в) Воздушного газа</b>				
22	Газокалильные горелки нормального стоячего типа . . . . .	" "	" "	" "
23	То же, с инвертной сеткой . . . . .	" "	" "	" "
<b>г) Нефтяного газа</b>				
24	Горелка для открытого пламени . . . . .	Калорическое излучение	Пламя нефтяного газа	" "
25	Газокалильная горелка . . . . .	Калорическое избират. излучение	Калильная сетка	" "
<b>д) Ацетилена</b>				
26	Горелка для открытого пламени . . . . .	Калорическое излучение	Пламя ацетилена	Для освещения внутр. и наружных пространств и для различных спец. целей
27	Газокалильная горелка . . . . .	Калорическое избират. излучение	Калильная сетка	Для освещения внутр. и наружных пространств
<b>II. Источники света электрические</b>				
<b>A. Лампы накаливания</b>				
1	Лампы с угольной нитью . . . . .	Калорическое излучение	Раскаленное тело из соответствующего материала	Осветит. установки для освещения внутр. и наружных пространств и при- менение для спец. целей
2	" " металлизир. нитью . . . . .			
3	" " осмиевой нитью . . . . .			
4	" " пирриновой нитью . . . . .			
5	" " таллатовой нитью . . . . .			
6	" " вольфрамовой нитью:			
	а) пустотные . . . . .			
	б) газонаполненные . . . . .			
7	Лампы с калильным телом из проводников 2-го рода . . . . .	Калорическое избират. излучение	Раскаленное тело из проводников 2-го рода	Для спец. целей
<b>B. Лампы с вольтовой дугой</b>				
8	Дуговые лампы с электродами из чистого угля, открытые . . . . .	Калорическое излучение	Главная часть свето- вого потока излу- чается раскаленны- ми электродами	Осветит. установки для освещения внутр. и наружных пространств и при- менение для спец. целей
9	То же, с ограниченным доступом воздуха . . . . .			

Классификация искусственных И. с. (Продолжение.)

№ по порядку	Название источника света	Принцип излучения	Род излучателя	Сфера применения
10	Дуговые лампы с электродами из угля с примесью солей металлов, открытые	Калорическое излучение + люминесценция	Главная часть светового потока излучается благодаря люминесценции дуги	То же
11	То же, с ограниченным доступом воздуха			
12	Дуговые лампы с магнетитовыми электродами			
13	Дуговые лампы с титанкарбидовыми электродами			
14	Дуга Люммера под давлением 22 atm	То же	Раскаленные электроды и люминесцирующая дуга	Опытная установка для изучения свойств дуги для спец. целей
15	Вольфрамовая дуговая лампа . . . . . <b>В. Электр люминесцирующие лампы</b>	Калорич. излучение	То же	
16	Ртутные дуговые лампы, стеклянные	Люминесценция	Положительное свечение ртутных паров	В осветит. установках внутри помещений и для спец. целей
17	Кварцевые ртутные дуговые лампы .	То же	То же	Для спец. целей Рекламное и сигнальное освещение
18	Неоновые дуговые лампы . . . . .	» »	Положительное свечение разреженного газа	
19	Свет Мура с азотом . . . . .	» »	То же	} Осветит. установки для внутр. освещения
20	» » углекислотой . . . . .	» »	То же	
21	Светящиеся трубки с благородными газами высокого напряжения . . . . .	» »	» »	
22	Безэлектродная лампа с благородными газами . . . . .	» »	» »	Рекламное и сигнальное освещение и внутр. освещение при дневном свете
23	Лампа глеющего разряда . . . . .	» »	Отрицательное свечение разреженного благородного газа (неона)	Сигнальное освещение и применение для спец. целей

**ИОЧИСЛЕНИЕ БЕСКОНЕЧНО МАЛЫХ,** часть высшей математики, включающая дифференциальное и интегральное исчисление и характеризующаяся специальным методом, применявшимся еще Архимедом (в неясном виде) для вычисления площадей криволинейных фигур (круга, параболы). В полной мере этот метод был развит одновременно Ньютоном и Лейбницем (17 в.); однако строгую логическую основу метод получил только в 19 в. в работах Коши и Вейерштрасса. В основе современного метода И. б. м. лежит понятие переменной величины. Буквенная величина называется переменной  $x$ , если (в данном рассуждении) она может принимать разные численные значения; если же величина сохраняет одно и то же численное значение, то она называется постоянной  $a$  (всякое число есть величина постоянная); например: в формуле равномерного движения  $s = vt$  скорость  $v$  есть величина постоянная, а время  $t$  и пройденное расстояние  $s$  — переменные величины. Переменная, которой мы можем давать произвольные численные значения, называется независимой переменной (или аргументом); переменная, численные значения которой определяются значениями независимой переменной (или переменных), называется зависимой переменной (или функцией). В нашем примере  $t$  — независимая переменная, а  $s$  — функция от  $t$ . Функция определена, если каждому значению аргумента соответствует определенное значение функции. Эта зависимость

м. б. задана графически, таблицей (таблицы логарифмов, синусов) или ф-лой. Выражение « $y$  есть ф-я от  $x$ » символически записывается так:  $y = f(x)$ . Если  $z$  — функция двух независимых переменных  $x$  и  $y$ , то это записывается так:  $z = f(x, y)$ . Если формула, определяющая ф-ию, содержит только действия сложения, вычитания, умножения и возведения в целую степень над независимой переменной, то это — функция целая рациональная (она м. б. представлена в виде многочлена), напр.:  $y = x^2 - \frac{2}{3}x + 8$ ; если же в ф-лу входит деление, то имеем ф-ию дробную рациональную, например:  $y = \frac{1}{x}$ . Если в функции  $y = f(x)$  или же при нахождении  $y$  из ур-ня  $f(x, y) = 0$  независимая переменная находится под знаком радикала, то имеем иррациональную ф-ию, например  $y^2 - x = 0$ , или  $y = \sqrt{x}$ . Рациональные и иррациональные функции называются алгебраическими. В последнем примере всякому значению  $x > 0$  соответствуют два значения  $y$  (два знака перед радикалом); мы имеем функцию двужначную. Все функции, не являющиеся алгебраическими, называются трансцендентными, например  $\sin x$ .

Бесконечно малые величины. Если переменная величина увеличивается так, что ее значения по абсолютной величине становятся (и остаются) меньше любого наперед заданного положительного числа  $\epsilon$ , то переменная называется бесконечно

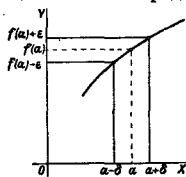
м а л о й. Так, величина  $\frac{1}{x}$  — бесконечно малая при неограниченном увеличении абсолютного значения  $x$ ; в самом деле  $|\frac{1}{x}| < \varepsilon$  для всех значений  $x$ , для которых  $|x| > \frac{1}{\varepsilon}$ , например  $|\frac{1}{x}| < 0,01$ , если только  $|x| > 100$ . Далее,  $\sin x$  — бесконечно малая при достаточно малом  $x$ , так как  $|\sin x|$  всегда меньше  $|x|$  и следовательно  $|\sin x| < \varepsilon$ , если  $|x| < \varepsilon$ .

**Теоремы о бесконечно малых:** 1) алгебраич. сумма ограниченного числа бесконечно малых бесконечно мала; 2) произведение бесконечно малой  $\alpha$  на ограниченную величину  $\beta$  (т. е. такую величину, для которой существует такое положительное число  $M$ , что  $|\beta| < M$  при рассматриваемых значениях  $\beta$ ) бесконечно мало; в частности произведение двух бесконечно малых бесконечно мало.

**Предел.** Если переменная  $y$  изменяется так, что разность между нею и некоторой постоянной  $b$  становится бесконечно малой  $\beta$ , то говорят, что предел  $y$  есть  $b$ ; это записывается так:  $\lim y = b$ , или  $y \rightarrow b$ . Из определения предела следует, что  $y = b + \beta$  ( $\beta$  — бесконечно малая) или что  $|y - b|$  м. б. сделано  $< \varepsilon$ . Очевидно, что предел бесконечно малой величины есть 0. Если переменная при своем изменении становится по абсолютной величине больше любого положительного числа  $M$ , т. е.  $|y| > M$ , то  $y$  называется бесконечно большой; бесконечно большая величина не имеет предела, но условно говорят, что предел  $y$  в этом случае равен бесконечности:  $\lim y = \infty$ , или  $y \rightarrow \infty$ ; например:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \sin x = 0; \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{x} = 0; \quad \lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} \operatorname{tg} x = \infty.$$

**Теоремы о пределах:** 1) предел постоянной равен этой постоянной; 2) предел алгебраич. суммы переменных равен алгебраической сумме пределов; 3) предел произведения равен произведению пределов; 4) предел частного равен частному пределов, если только предел делителя не равен 0;



Фиг. 1.

в случае, если предел делителя равен 0, а предел делимого  $\neq 0$ , мы имеем бесконечно большую, ее предел (в условном смысле) есть  $\infty$ ; если же и предел делимого равен 0, то имеем неопределенный случай (предел отношения двух бесконечно малых). Здесь может существовать предел, но его нахождение требует каждый раз особых рассуждений; так, доказывается, что  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$  (см. Дифференциальное исчисление, неопределенные выражения).

Точно так же неопределенным является предел отношения двух бесконечно больших величин, но иногда его можно вычислить после преобразования выражения,

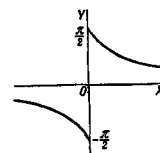
на основании общих теорем, например:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2x^2 - x + 4}{x^2 - 1} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2 - \frac{1}{x} + \frac{4}{x^2}}{1 - \frac{1}{x^2}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{2}{1} = 2.$$

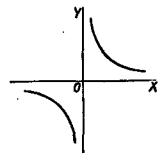
Понятие предела является основным в дифференциальном и интегральном исчислении.

**Непрерывность функции.** Рассмотрим значение  $f(x)$  при  $x = a$ , т. е.  $f(a)$ , и значения той же  $f(x)$  при близких к  $a$  значениях  $x$ . Если изменение  $f(x)$  бесконечно мало при достаточно малом изменении  $x$ , то говорят, что  $f(x)$  непрерывна в точке  $x = a$ . Это можно записать так: для любого (сколь угодно малого)  $\varepsilon > 0$  найдется достаточно малое  $\delta > 0$  такое, что  $|f(x) - f(a)| < \varepsilon$ , при условии, что  $|x - a| < \delta$  (фиг. 1). Пользуясь определением предела, непрерывность при  $x = a$  можно выразить так:  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$ , т. е. предел

функции равен значению функции в предельной точке. Ф-ия, непрерывная в каждой точке отрезка, называется непрерывной на отрезке. Если в точке  $x = a$



Фиг. 2.



Фиг. 3.

условие непрерывности не выполнено, ф-ия называется разрывной при  $x = a$ . Так, если при  $x \neq 0$   $f(x) = 0$ , а  $f(0) = 1$ , то ф-ия разрывна при  $x = 0$ , так как предел функции равен 0, а значение в предельной точке = 1. Ф-ия  $y = \operatorname{arctg} \frac{1}{x}$  разрывна при  $x = 0$ , так как если  $x$  приближается к 0 по положительным значениям, то предел ф-ии равен  $\frac{\pi}{2}$ ; если же  $x$  приближается к 0 по отрицательным значениям, предел равен  $-\frac{\pi}{2}$ , т. е.  $\lim_{x \rightarrow 0} \operatorname{arctg} \frac{1}{x}$  не существует (фиг. 2). Ф-ия  $y = \frac{1}{x}$  имеет разрыв

при  $x = 0$ , так как предела в истинном смысле слова нет: он равен  $\infty$  (фиг. 3). В анализе бесконечно малых, и особенно в приложениях, мы имеем дело гл. обр. с непрерывными функциями.

Лит.: см. Дифференциальное исчисление и Интегральное исчисление.

**ИСЧИСЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ,** отдел математического анализа. В дифференциальном исчислении (см.) мы даем аргументу ф-ии приращение, к-рое является бесконечно малым (стремится к 0); в И. к. р. мы ограничиваемся конечными приращениями аргумента, равными некоторому постоянному числу  $h$ . Основным понятием является разность ф-ии,  $\Delta f(x)$ :

$$\Delta f(x) = f(x + h) - f(x).$$

Разность есть ф-ия от  $x$ ; ее разность есть 2-я разность,  $\Delta^2 f(x)$ :

$$\Delta \Delta f(x) = \Delta^2 f(x) = f(x + 2h) - 2f(x + h) + f(x).$$

Аналогично определяются разности 3-го, 4-го, ..., n-го порядка. Мы можем ограничиться рассмотрением случая  $h=1$ , так как общий случай сводится к этому заменой переменного:  $x=hy$ .

Разности простейших функций.  $\Delta C = 0$  ( $C$ —постоянная);  $\Delta x = h$ ;  $\Delta a^x = a^{x+h} - a^x = a^x(a^h - 1)$ ;  $\Delta \sin x = 2 \cos(x + \frac{h}{2}) \sin \frac{h}{2}$ .

$$\Delta \cos x = -2 \sin(x + \frac{h}{2}) \sin \frac{h}{2}.$$

Разность  $\Phi$ -и  $x^n$  или любого многочлена  $n$ -й степени есть многочлен  $(n-1)$ -й степени, разность  $(n+1)$ -го порядка от многочлена  $n$ -й степени есть 0. Но более простые формулы получаются, если вместо степеней ввести факториальные функции

$$x(x-h) \dots [x-(n-1)h] \text{ и } \frac{1}{(x+h)(x+2h) \dots (x+nh)}$$

$$\Delta x(x-h) \dots [x-(n-1)h] = nhx(x-h) \dots [x-(n-2)h]$$

и

$$\Delta \frac{1}{(x+h)(x+2h) \dots (x+nh)} = \frac{-nh}{(x+h)(x+2h) \dots [x+(n+1)h]}$$

тоже факториальные функции с числовым множителем.

Основные формулы И. к. р. аналогичны формулам дифференциального исчисления; отметим разность от произведения:

$$\Delta[f(x) \cdot \Phi(x)] = \Phi(x+h)\Delta f(x) + f(x)\Delta \Phi(x).$$

Роль ряда Тейлора в И. к. р. играет ряд Ньютона, являющийся разложением данной функции по факториальным функциям. Он пишется так:

$$f(x) = f(0) + \frac{\Delta f(0)}{1 \cdot h} x + \frac{\Delta^2 f(0)}{1 \cdot 2 \cdot h^2} x(x-h) + \frac{\Delta^3 f(0)}{3! h^3} x(x-h)(x-2h) + \dots$$

Этот ряд применяется для интерполяции (см. *Вычисления приближенные*).

Пример. Разложить  $x^3$  по факториальным  $\Phi$ -ям при  $h=1$ . Имеем:

$$\Delta x^3 = (x+1)^3 - x^3 = 3x^2 + 3x + 1; \Delta^2 x^3 = 6x + 6; \Delta^3 x^3 = 6; \Delta^4 x^3 = 0.$$

Подставляя в эти равенства значения  $x=0$  и обозначая символически  $(\Delta^2 x^3)_{x=0} = \Delta^2 0^3$ , имеем:  $\Delta 0^3 = 1$ ,  $\Delta^2 0^3 = 6$ ,  $\Delta^3 0^3 = 6$ . Итак:

$$x^3 = x + 3x(x-1) + x(x-1)(x-2).$$

Операция, обратная нахождению разности, называется суммированием; если

$$\Delta \varphi(x) = f(x), \tag{1}$$

то имеем:

$$\varphi(a+h) - \varphi(a) = f(a),$$

$$\varphi(a+2h) - \varphi(a+h) = f(a+h),$$

$$\dots \dots \dots \varphi(a+nh) - \varphi[a+(n-1)h] = f[a+(n-1)h].$$

Отсюда, складывая почленно, имеем:

$$\sum_{i=0}^{n-1} f(a+ih) = \varphi(a+nh) - \varphi(a) = [\varphi(x)]_a^{a+nh}. \tag{2}$$

$\Phi$ -я  $\varphi$ , удовлетворяющая условию (1), называется иногда неопределенным интегралом по конечным разностям и обозначается знаком  $S f(x)$ ;

он определяется с точностью до произвольной периодич.  $\Phi$ -и периода  $h$ ;  $\Phi$ -ла (2) показывает, что конечная сумма в левой части получается подстановкой значений  $x, x+nh$  в неопределенный интеграл по конечным разностям; это записывается так:  $S f(x)$ .

Пример 1. Найти сумму  $1^3+2^3+\dots+(n-1)^3$ . Здесь  $f(x)=x^3$ ,  $h=1$ . Заметим, что неопределенный интеграл по конечным разностям от факториала выражается так:

$$S x(x-h) \dots [x-(n-1)h] = \frac{1}{(n+1)h} x(x-h) \dots (x-nh),$$

следовательно

$$S x^3 = S [x + 3x(x-1) + x(x-1)(x-2)] = \frac{x(x-1)}{2} + x(x-1)(x-2) + \frac{x(x-1)(x-2)(x-3)}{4}.$$

$$\text{Искомая сумма } \sum_{m=0}^{n-1} m^3 = S_0^n x^3 = \left[ \frac{x(x-1)}{2} + x(x-1)(x-2) + \frac{x(x-1)(x-2)(x-3)}{4} \right]_0^n = \left[ \frac{x(n-1)}{2} \right]^2.$$

Пример 2. Путем обращения  $\Phi$ -лы разности для  $\cos x$  находим

$$S \sin x = -\frac{\cos(x - \frac{h}{2})}{2 \sin \frac{h}{2}}.$$

Отсюда получаем:

$$\sin a + \sin(a+h) + \dots + \sin[a+(n-1)h] = \sum_a^{a+nh} \sin x = \frac{\cos(a - \frac{h}{2}) - \cos(a + \frac{2n-1}{2}h)}{2 \sin \frac{h}{2}} = \frac{\sin(n + \frac{(n-1)h}{2}) \sin \frac{nh}{2}}{\sin \frac{h}{2}}.$$

В связи с суммированием в И. к. р. большую роль играют функции Бернулли. Их можно определить как неопределенный интеграл по конечным разностям:  $n$ -я  $\Phi$ -я Бернулли

$$\varphi_n(x) = \sum_0^x \frac{x^{n-1}}{(n-1)!}.$$

Это—многочлен  $n$ -й степени вида

$$\varphi_n(x) = A_0 \frac{x^n}{n!} + A_1 \frac{x^{n-1}}{(n-1)!} + \dots + A_{n-1} x.$$

Здесь  $A_0, A_1, A_2, \dots$ —числа Эйлера; они определяются ур-ниями:

$$\frac{A_0}{n!} + \frac{A_1}{(n-1)!} + \dots + \frac{A_{n-2}}{1 \cdot 2} + A_{n-1} = 0;$$

$$A_0 = 1; A_1 = \frac{1}{2}; (n = 3, 4, 5, \dots).$$

При этом оказывается, что  $A_3 = A_5 = \dots = 0$ . С помощью чисел Эйлера выражаются и числа Бернулли (см. *Бернуллиевы числа*):

$$B_k = (-1)^{k-1} \cdot 1 \cdot 2 \dots 2k \cdot A_{2k}$$

и суммы вида  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^k}$ , именно:

$$A_{2k} = \frac{(-1)^k \cdot 2}{(2\pi)^{2k}} \left( 1 + \frac{1}{2^{2k}} + \frac{1}{3^{2k}} + \frac{1}{4^{2k}} + \dots \right).$$

В частности,  $1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots = \frac{\pi^2}{6}$ .

Формула суммирования Эйлера выражает связь между интегралом



по конечным разностям и обыкновенным интегралом:

$$\int_0^x f(x) dx = \int_0^x f(x) dx + A_1[f(x) - f(0)] + A_2[f'(x) - f'(0)] + \dots + A_{n-1}[f^{(n-1)}(x) - f^{(n-1)}(0)] + R_n. \quad (3)$$

В этом ряду  $R_n$  не стремится к 0, — ряд расходится; но для некоторого значения  $n$  остаточный член мал, и конечная сумма дает хорошее приближение. В наиболее важном случае, когда  $f''(t), f'''(t), \dots$  имеют одинаковый знак, а  $f'(t), f''(t), \dots$  бесконечно малы при бесконечно большом  $t$ , имеем:

$$R_{nk} = \theta A_{nk} f^{(nk-1)}(x).$$

Ф-ла (3) применяется для приближенного вычисления суммы через интеграл или, наоборот, для приближенного вычисления определенного интеграла. С помощью ф-лы (3) доказывается формула Стирлинга:

$$\ln(1 \cdot 2 \cdot 3 \dots n) = \ln \sqrt{2\pi} + \left(x + \frac{1}{2}\right) \ln n - n + A_1 n^{-1} + A_2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot n^{-2} + \dots,$$

откуда приближенно:

$$n! \approx n^n e^{-n} \sqrt{2\pi n}.$$

Уравнения в конечных разностях. Будем полагать  $h=1$  и обозначать:  $f(x) = y_x, f(x+1) = y_{x+1}, \dots$  Разность  $\Delta^n y$  выразится линейно через  $y_x, y_{x+1}, \dots, y_{x+n}$ . Ур-е в конечных разностях  $n$ -го порядка есть соотношение между  $x, y_x$  и разностями до  $n$ -го порядка включительно, которое можно написать в виде

$$\Phi(x, y_x, y_{x+1}, \dots, y_{x+n}) = 0.$$

Для техники наибольшее значение имеют линейные уравнения в конечных разностях с постоянными коэф-тами, т. е. ур-я вида

$$y_{x+n} + p_1 y_{x+n-1} + \dots + p_{n-1} y_{x+1} + p_n y_x = q, \quad (4)$$

где  $p_1, p_2, \dots, p_n$  — постоянные числа,  $q$  — данная ф-я  $x$ . Если  $q=0$ , имеем однородное уравнение. Для решения однородного ур-я ищем частное решение вида  $y = a^x$ , для определения  $a$  получаем ур-е  $n$ -й степени:

$$a^n + p_1 a^{n-1} + \dots + p_{n-1} a + p_n = 0.$$

Если его корни —  $a_1, a_2, \dots, a_n$  (различные), то общее решение однородного уравнения имеет вид:

$$y_x = c_1 a_1^x + c_2 a_2^x + \dots + c_n a_n^x.$$

Для определения постоянных  $c_1, c_2, \dots, c_n$  д. б. заданы значения  $y_0, y_1, \dots, y_{n-1}$ . Если 2 корни — мнимые сопряженные, напр.

$$a_1 = q(\cos \varphi + i \sin \varphi), \quad a_2 = q(\cos \varphi - i \sin \varphi),$$

то соответствующие решения будут:  $e^{\varphi x} \cos \varphi x, e^{\varphi x} \sin \varphi x$ . Случай кратных корней требует особого рассмотрения. Для общего ур-я (4), если  $q$  постоянно, находим частное решение:

$$\bar{y}_x = \frac{q}{1 + p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \beta,$$

где  $\beta$  — постоянное число; тогда

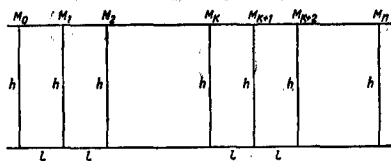
$$y_x = c_1 a_1^x + \dots + c_n a_n^x + \beta.$$

Пр и м е р. Требуется определить опорные моменты равномерно нагруженной горизонтальной балки, причем все опоры одной высоты  $h$ , расстояния  $l$  между опора-

ми равны и величина нагрузки  $q$  (см. фиг.). Уравнение, связывающее моменты

$$M_k + 4M_{k+1} + M_{k+2} = -\frac{1}{2} q l^2,$$

есть линейное ур-е в конечных разностях. Общее решение соответствующего однородного ур-я есть  $M_k = c_1 \lambda_1^k + c_2 \lambda_2^k$ , где  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  —



корни характеристич. ур-я  $\lambda^2 + 4\lambda + 1 = 0$ ,  $\lambda_{1,2} = -2 \pm \sqrt{3}$ . Частное решение  $\beta = -\frac{q l^2}{12}$ . Итак,

$$M_k = c_1 \lambda_1^k + c_2 \lambda_2^k - \frac{q l^2}{12}.$$

Для определения  $c_1$  и  $c_2$  замечаем, что  $M_0 = 0, M_n = 0$ , т. е.  $c_1 + c_2 - \frac{q l^2}{12} = 0, c_1 \lambda_1^n + c_2 \lambda_2^n - \frac{q l^2}{12} = 0$ ,

откуда  $c_1 = -\frac{q l^2}{12} \frac{\lambda_2^n - 1}{\lambda_1^n - \lambda_2^n}, c_2 = \frac{q l^2}{12} \frac{\lambda_1^n - 1}{\lambda_1^n - \lambda_2^n}$ . Кроме строительной механики ур-я И. к. р. применяются в электротехнике (в расчете катушек) и др.

Лит.: Селванов Д. Курс вычисления конечных разностей, СПб, 1906; Марков А. Исчисление конечных разностей, 2 изд., Одесса, 1911; Н о г и н Н. N. Vorlesungen über Differenzrechnung, Berlin, 1924. В. Степанов.

**ИТ**, и т о в а я п л а с т и н а, прокладка для уплотнения арматуры паровых котлов и паропроводов. ИТ выпускается различными фирмами под названиями, происходящими обычно от названия фирмы, с добавлением окончания «ит» (например к л и н г е р и т). Итвые пластины, изготовляемые в СССР, называются паронитом. Состав пластины: асбестовое высокосортное волокно, резиновая смесь и минеральное уплотнение (например окись железа). Пластина получается смещением в закрытых мешалках асбестового волокна и других минеральных примесей с резиной и бензином и постепенным испарением бензина из полученной массы на поверхности металла. Валя итového каландра. Толстые пластины получают склеиванием и спрессовыванием более тонких пластин. Толщина пластин 0,5—6 мм и более; ширина листов 1 000—1 250 мм, длина 1 000—1 400 мм; удельн. вес около 2,0.

Требования стандарта США: 9—16% резины; 75—77,5% асбеста для пластины 1-го сорта и 70% — для 2-го сорта; прочих минеральных примесей: 8—13% для 1-го сорта и 13—20% для 2-го сорта. Допуск по толщине: при толщине до 2,5 мм — 10%, при толщине 2,5 мм и выше — 5%. Твердость (по Бринелю, шарик диаметром 3,2 мм, нагрузка 1 кг) 0,15—0,25 мм. Прочность на разрыв (среднее из двух перпендикулярных направлений) 204—272 кг/см<sup>2</sup>. Свойства паронита: резина 13%, твердость 0,17—0,20 мм, прочность на разрыв 200—230 кг/см<sup>2</sup>.

**ИХТИОЛ**, одно из торговых названий препаратов, получающихся при переработке дегтя из битуминозных сланцев (см.); содержит

в значительном количестве серу. Препарат, выпускаемый в Союзе из волжского сланца, носит торговое название с у л ь ф и х т о н а. И. — запатентованная торговая марка препарата, выпускаемого фирмой Cordes, Hermai et Co.; это название получило типовой характер для всех аналогичных препаратов. Препараты И. не представляют индивидуального химич. соединения: они являются смесью соединений, полученных при сульфировании тяжелых погонов сланцевого дегтя. Для приготовления И. сырой сланцевый деготь подвергают разгонке на легкое тиофеновое масло, кипящее до  $180^{\circ}$ , и тяжелое масло с  $d_{4}^{20}$  в  $180-275^{\circ}$ . Легкие и тяжелые масла очищают 5%-ным раствором  $H_2SO_4$  от пиридинов и 10%-ным NaOH от кислых соединений. Тяжелое очищенное масло сульфатируют смесью олеума и купоросного масла (1:1), промывают водой для удаления избытка серной к-ты, нейтрализуют аммиаком и полученную соль экстрагируют спиртом для отделения от аммиачных солей и смол. После отгонки спирта полученную массу разбавляют водой с таким расчетом, чтобы содержание органич. массы было ок.

55%. К этому раствору, обладающему высокими эмульгирующими свойствами, прибавляют от 10 до 15% легких тиофеновых погонов, содержащих ок. 50% гомологов тиофена. Полученный препарат представляет тягучую жидкость черно-коричневого цвета, с пригорелым запахом, образующую с водой эмульсию, растворяющуюся в эфире и спирте. После того как рядом работ Шейблера было установлено, что основным бактерицидным началом препаратов сульфихтона и И. являются гомологи тиофена, в Союзе начали выпускать препарат с стандартным содержанием тиофенов. В качестве медицинского препарата икhtiол-сульфихтон имеет довольно широкое применение как антисептич. средство при заболевании легочным туберкулезом, нефритом, при дезинтерии, кожных заболеваниях и др. В Союзе годовая потребность ок. 50 000 кг. Мировая потребность ок. 1 200 000 кг.

Лит.: Таль Р. И., «Военно-медицинский журнал», СПб, 1906; Эддерман М., «Вестник фармации», Москва, 1924; Раковский Е. В., «Хим.-фармац. журнал», М., 1928; Стадников Г., ст. в «Сборнике работ Химического института им. Карпова», Москва, 1927. Е. Раковский.

**КАБЕЛЬ** электрический, частный случай электрич. проводника, служащего для передачи на расстояние электрич. энергии (для электрич. освещения, распределения энергии, телефони, телеграфии, электрической сигнализации и т. п.). Собственно электрич. К. называется или один проводник, составленный (б. ч. скрученный) из нескольких проводящих электричество металлических, проволоки и покрытый изолирующими и защитными оболочками (одножильный К.), или группа изолированных один от другого проводников, заключенная в одну или несколько защитных оболочек (многожильный К.). В русской практике одножильные проводники, скрученные в несколько проволок и покрытые резиновой изоляцией и защитными оболочками из волокнистого материала (торговые марки ПР, ПРН, ПРГН и друг.), называются однако проводами; проводники, скрученные из нескольких проволок и не снабженные изоляцией (торговая марка ГК), — голыми К. По данным мировой статистики на долю кабельного производства падает до 60% общего выпуска электротехники, промышленности, а удельный вес стоимости кабельных сетей в крупных городских электростанциях доходит до 75% основного капитала предприятия.

Объекты кабельного производства следующие. 1) Голые изделия из цветных металлов для электрических проводов и К. и полуфабрикаты для электромашиностроительных заводов. Сюда относятся: голые воздушные провода и К. из меди, алюминия, бронзы и др., троллейные провода; шинная, коллекторная и фасонная медь; проволока высокого электросопротивления (реотан, константан, манганин и др.); луженая медная проволока и ряд других изделий, непосредственно к кабельному делу не относящихся. 2) Силовые высоковольтные К. для передачи и распределения электрич. энергии подземными сетями. Такие К. почти исключительно изготавливаются с пропитанной бумажной изоляцией. 3) К. слабого тока: телефонные, телеграфные, блокировочные и др. Наиболее экономически важной частью этого производства является производство телефонных К. с воздушно-бумажной изоляцией для городских сетей и быстро развивающееся за

границей производство телефонных «дальнобойных» К. для междугородных сообщений. 4) Установочные провода, преимущественно с резиновой изоляцией. В виду специфических требований, предъявляемых к резиновой изоляции, кабельные заводы почти как правило имеют свои резиноделательные отделы. Реже встречается производство кабелей с гуттаперчевой изоляцией, идущих исключительно для подводных телеграфных кабельных линий. 5) Динамомашинная проволока и провода с хл.-бум., шелковой или эмалевой изоляцией. 6) Шнуры слабого тока (коммутаторные, микрофонные, кроссовые и др.), являющиеся чаще всего предметом специализации отдельных з-дов. 7) Кабельная арматура: соединительные и конечные муфты, кабельные ящики, установочные принадлежности, заливающая масса для муфт и т. п. В зависимости от производственного уклона отдельных заводов сюда часто добавляются второстепенные производства: изоляционных материалов, в особенности связанных с употреблением каучука; стальных канатов и тросов; литья и штамповок из цветных металлов и т. п.

#### Кабель высоковольтный.

**Классификация.** По роду диэлектрика высоковольтные К. разделяются: а) на К. с пропитанной волокнистой изоляцией, б) К. с резиновой изоляцией, в) К. с кембриковой изоляцией и г) К. с изоляцией из вулканизированного битумена. Последние два рода изоляции почти исключительно применяются в Англии и США, причем битуменная изоляция служит только защитной оболочкой лежащей под ней изоляции из другого материала. Употреблявшаяся в конце 19 в. изоляция из пропитанного джута сохранилась в настоящее время только как пережиток в телеграфных кабелях. По рабочему напряжению К. разделяются на: а) К. малых напряжений (до 3 000 V включительно), б) К. средних напряжений (от 6 до 12 kV включительно), в) К. больших напряжений (от 20 до 35 kV включительно) и г) К. высших напряжений (от 60 kV). В настоящее время практически осуществлен К. напряжением в 132 kV. Указанные границы являются условными. По форме проводящих жил различают кабели: а) со сплошными

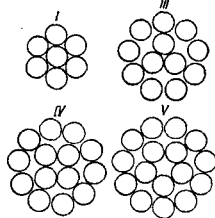
Табл. 1.—Применение кабелей для разных видов потребления.

Назначение	Рабочее напряжение	Форма провод. жилы	Род изоляции	Материал провод. жилы	Защитные оболочки	Конструкция
Воздушная прокладка голыми неизолируемыми К. или проводами	До наивысших напряжений	1) Круглая, сплошная 2) Круглая, полая	—	1) Медь 2) Бронза 3) Алюминий 4) Сталь-алом. 5) Aldey 6) Монол	—	1) Правильно скрученная жила 2) Полый К.
Воздушная прокладка голыми изолируемыми (освинцован.) К.; прокладка в подземн. канализации	Малое и среднее	1) Круглая 2) Секторная или сегментная	Кабельная пропитанная бумага	Медь	Голая свинцовая оболочка с присадкой 3% олова или 1% сурьмы	Нормальная конструкция
Высоковольтные фидерные линии, проложенные непосредственно в земле или в подземной канализации	Среднее и высшее	1) Круглая 2) Секторная 3) Полая (в настоящее время только для экстравысокого напряжения)	Кабельная пропитанная бумага	Медь, иногда алюминий	Свинцовая оболочка, пропитанная джут, броня из 2 железных лент, пропитан джут. При прокладке в канализации—голая свинцов. оболочка с присадкой 3% олова или 1% сурьмы или из тройного свинцового сплава	1) Нормальная конструкция 2) Н-кабель 3) S-L-кабель 4) Кабель Цирелли и др.
Низковольтные распределительные сети, заводские сети, прокладка непосредственно в земле	Малое и среднее	1) Круглая 2) Секторная	Кабельная пропитанная бумага	Медь	1) Свинцовая оболочка, пропитанный джут, броня из 2 железных лент, пропитан джут 2) Вулканизованный битумен	Нормальная конструкция
К. в шахтах, а также для прокладки в земле под углом свыше 45° и в вязкой почве	Малое, среднее и высокое	1) Круглая 2) Секторная	Кабельная пропитанная бумага	Медь	Свинцовая оболочка, пропитанный джут, броня из плоских железных проволок, пропитанный джут	Нормальная конструкция, иногда Н-кабель
К. для прокладки внутри помещений на центральных электростанциях, в-дах и т. п.	Малое, среднее и высокое	1) Круглая 2) Секторная	1) Кабельная пропитанная бумага 2) Вулканизованная резина 3) Кембрик	Медь	1) Голая свинцовая оболочка 2) Свинцовая оболочка, слой пропитанного джута 3) Вулканизованный битумен	1) Нормальная конструкция 2) Н-кабель
К. для подвижных приемников тока, как то: врубные машины, драги, торфодобывающие машины, краны и т. п.	Малое	Круглая	Вулканизованная резина	Медь	1) Голая резиновая оболочка 2) Защитные покровы в форме оплеток, обмоток и т. п.	1) Шланговые К. 2) Торфяные К. 3) Врубные К.
К. для неподвижных прокладок внутри помещений и по краям, где нужна легкая механич. защита	Малое	Круглая	Вулканизованная резина	Медь	1) Пропитанная оплетка из волокнистого материала и оплетка тонкими лужеными или оцинкованными проволоками 2) Свинцовая оболочка, слой волокнистого материала, оплетка железной проволокой	—
Небольшие внутренние проводки	Малое	Круглая	Вулканизованная резина	Медь	1) Оплетка пропитан. пряжей 2) Оплетка неопитанной, преимущественно лощеной пряжей	1) Установочные резиновые провода 2) Шнуры

(однопроволочными или многопроволочными) круглыми жилами (торговые марки САН, СГН, СБН и др.), б) с полыми круглыми жилами (исключительно специальные конструкции) и в) с секторными или сегментными жилами (торговые марки САСН, СГСН, СВСН и др.). Кроме того К. разделяются по роду применения, конструкции, роду защитных оболочек, металлу проводящих жил и т. п. Сводка этих различий дана в табл. 1.

**Конструкция И.** Проводящая жила (теория скруток). Проводящая жила К. мелкого сечения делается как однопроволочной, так и многопроволочной, а К. крупных сечений, начиная с 16 мм<sup>2</sup> (иногда с 25 мм<sup>2</sup>) и выше всегда делается многопроволочной. Число проволок или их наибольший диаметр устанавливаются специальными нормами или стандартами, в зависимости от требуемой степени гибкости К. Отдельные проволоки проводящей жилы обязательно д. б. скручены между собой, во избежание выпирания проволок при изгибах. Различают два рода скруток: а) д и к а я (или шнуровая) скрутка и б) правильная скрутка. Первая преимущественно применяется для осветительн. шну-

меняются 4 основные формы правильной крутки (фиг. 1), различающиеся числом проволок в центре. Отдельные слои (по в и вы) проволочек крутятся в противоположные стороны. Общее же правило правильной крутки круглых жил из круглых проволок заключается в том, что число проволок каждого слоя на 6 больше числа проволок предыдущего слоя за исключением первого повива вокруг центральной проволоки в форме I, где увеличение равно 5 (для прямоугольной литцы соответствующее увеличение равно 3, в секторных также можно принимать 6). Строго математически это правило неверно, но оно пригодно для всех случаев практики. Основные конструктивные данные и ф-лы правильной крутки собраны в табл. 2. Из этой таблицы видно, что наиболее выгодной является форма I, а наименее выгодной—форма III.



Фиг. 1.

Табл. 2.—Основные конструктивные данные и формулы правильной крутки.

Форма I	$n =$	1	2	3	4	5	6	7
	$z' = 6(n-1) =$	1*	6	12	18	24	30	36
	$z = 3n(n-1) + 1 =$	1	7	19	37	61	91	127
	$D = (2n-1)d =$	d	3d	5d	7d	9d	11d	13d
	$q = \frac{3n(n-1)+1}{(2n-1)^2} =$	(в %)	100	78	76	75	75	75
Форма III	$n =$	1	2	3	4	5	6	7
	$z' = 6n - 3 =$	3	9	15	21	27	33	39
	$z = 3n^2 =$	3	12	27	48	75	108	147
	$D = (2n + 0,15)d =$	2,15d	4,15d	6,15d	8,15d	10,15d	12,15d	14,15d
	$q = \frac{3}{4} \cdot \frac{n^2}{(n+0,08)^2} =$	(в %)	64	69	71	72	73	74
Форма IV	$n =$	1	2	3	4	5	6	7
	$z' = 8n - 2 =$	4	10	16	22	28	34	40
	$z = n(3n + 1) =$	4	14	30	52	80	114	154
	$D = (2n + 0,4)d =$	2,4d	4,4d	6,4d	8,4d	10,4d	12,4d	14,4d
	$q = \frac{n(3n+1)}{4(n+0,2)^2} =$	(в %)	69	72	73	74	74	75
Форма V	$n =$	1	2	3	4	5	6	7
	$z' = 6n - 1 =$	5	11	17	23	29	35	41
	$z = n(3n + 2) =$	5	16	33	56	85	120	161
	$D = (2n + 0,7)d =$	2,7d	4,7d	6,7d	8,7d	10,7d	12,7d	14,7d
	$q = \frac{n(3n+2)}{(2n+0,7)^2} =$	(в %)	69	73	74	74	74	75

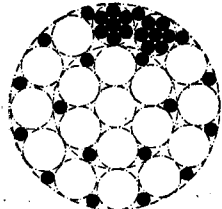
n—число повивов; z'—число проволок n-го ряда; z—число проволок в жиле; D—наружный диаметр жилы; d—диаметр отдельной проволоки; q—коэффициент заполнения (отношение суммы сечений проволок к площади круга, описанного вокруг жилы).

\* Формула для z' в данном случае не дает правильной величины, это является исключением (см. также указание в тексте).

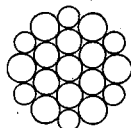
ров и только при тонких проволоках (обыкновенно не выше 0,30—0,35 мм); при этой крутке проволоки в любом числе (иногда 100 и более) свиваются вместе в одну сторону. Жила при этой крутке не получает в сечении геометрически правильной формы круга, механически непрочна и требует для дальнейшей обработки обмотки пражей или бумагой. Для правильной крутки число проволок определяется геометрич. соотношениями и д. б. вполне определенным. При-

Жилы для гибких кабелей, требующие очень большого числа проволок, при крупных сечениях крутятся из отдельных стренг, предварительно скрученных из нескольких проволок. Коэф. заполнения для таких жил особенно невыгоден, так как он получается как произведение соответствующих коэффициентов для стренги и жилы. Поэтому иногда применяют [82] скрутку таких жил со владными проволоками (фиг. 2.). В целях экономии в размерах иногда отступают

от принципа скрутки повивов в разные стороны (только при мягко отожженной медной проволоке) и крутят все проволоки в одну сторону. На фиг. 3 дан подобный пример для 19-проволочной скрутки. В этом случае требуется составление жилы из проволок 3 различных диам., но взамен получается сокращение наружного диаметра жилы приблизительно на 5%; на такую же величину сокращается и вес оболочек К. Пример комбинации скрутки в разные стороны со скруткой в одну сторону дает фиг. 4, где проволоки *a* скручены в одну сторону с проволоками *b*, а проволоки *c* — в сторону, противоположную проволокам *a*. Назначение этой конструкции — искусственное повышение диам. провода для снижения



Фиг. 2.



Фиг. 3.

напряженности поля [30 kV-ный кабель станции Клингенберг (в Берлине)]. Кроме этого приема для искусственного увеличения диаметра проводящей жилы применяется ряд других: крутка со вкладным сердечником (например джутовым), опрессовка проводящей жилы свинцовой оболочкой и др.

Если требуется скрутить такое число изолированных проводников, которое не подходит под числа, указанные в табл. 2, или проводники разного диаметра (сечения), то применяют скрутку по принципам и не в нормальную жилу при увеличенных диаметрах или одного центрального проводника или нескольких центральных проводников. В табл. 3 даны конструктивные данные такой скрутки.

Табл. 3.—Конструктивные данные не нормальной жилы.

Число проволок		Форма крутки	Число проволок в центре	Число проволок в наружном диаметре	Диаметр	
всей жилы	в последоват. повивах.				каждой центральной проволоки	скрученной жилы
8	1+7	I	1	1,3d	3,3d	
9	1+8	I	1	1,7d	3,7d	
10	1+9	I	1	2,0d	4,0d	
11	1+10	I	1	2,3d	4,3d	
13	2+10	III	3	1,08d	4,34d	
15	4+11	IV	4	1,12d	4,7d	
17	4+13	IV	4	1,40d	5,3d	
18	4+14	IV	4	1,55d	5,7d	
20	5+15	V	5	1,48d	6,0d	
21	1+7+13	I	1	1,3d	5,3d	
23	1+8+14	I	1	1,7d	5,7d	
25	1+9+15	I	1	2,0d	6,0d	

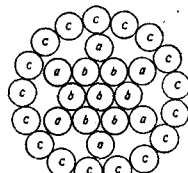
Данные табл. 3 и аналогичные им вычисляются из ф-л: наружный диаметр скрученной жилы

$$D = \left(\frac{1}{3} z' + 1\right) d,$$

диаметр центральной проволоки или центральной скрутки

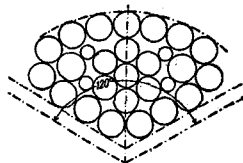
$$D_i = \left(\frac{1}{3} z' - 1\right) d.$$

Сегментные или секторные формы проводящих жил употребляются для сокращения наружного диаметра К., а следовательно и для уменьшения его стоимости. Существуют следующие способы образования таких жил. 1) Одна или две центральные проволоки изготавливаются с фасонным профилем; они образуют центральный фасонный сердечник, вокруг которого имеются один или несколько повивов круглой проволокой. 2) Скручивают, как обычно, круглую жилу из нормального числа проволок и придают ей фасонный профиль штамповкой на особом прессе (этот способ получил преимущественное распространение в Англии и США). Чтобы избежать перебивания проволок, 2 наружных слоя в этом случае крутят в одну сторону. Способ этот дает очень экономные размеры жилы (3—5% уменьшения), но невыгоден в том отношении, что жестянит медь. 3) Пропускают без скрутки через крутильную машину ряд центральных, б. ч. разного диаметра, проволок или скрученных стренг и поверх этих проволок или стренг дают один или несколько повивов круглой проволокой. Этот способ наиболее распространен; он



Фиг. 4.

имеет очень большое число видовозменений. Пример такого образования секторной жилы сечением 120 мм<sup>2</sup> для трехфазного кабеля дан на фиг. 5, где в центре расположена стренга, скрученная из 7 проволок, остальные же внутренние проволоки лежат без скрутки. Выбор конструкции секторных жил, а равно и направлений скруток жилы и кабеля благодаря особенностям скрутки секторных К. (они должны крутиться без открутки) требует особой осторожности. При конструировании такой жилы нужно соблюдать правило расположения внутренних проволок по нейтральному волокну и «правило качения» проволок вокруг сердечника [2].

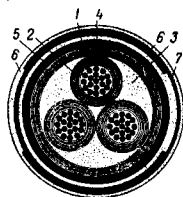


Фиг. 5.

Шаг крутки (длина хода винта) влияет на механич. устойчивость жилы и на расход материала. Он обычно берется: для голых неизолированных К. в пределах от 10 до 12,5 наружных диам. К., для К. с бумажной пропитанной изоляцией от 16 до 18 наружных диам. медной жилы, для К. с резиновой изоляцией от 13 до 16 диам. медной жилы и для скрутки 3 жил трехфазного К.—ок. 35 диам.

Изолирующие и защитные оболочки. Толщины изоляции К. для рабочего напряжения до 20—30 kV почти во всех

странах нормированы. Для более высоких напряжений они определяются расчетом на электр. прочност. Кроме толщины изоляции для К. с пропитанной бумажной изоляцией большинство стандартов нормируют т. наз. нормальную конструкцию К., которая заключается в том, что две, три или четыре изолированных жилы скручиваются вместе, причем пустые места заполняются волокнистым материалом, а поверх скрутки накладывается общая изоляция такой же толщины, как и на жилах. В этой конструкции толщина изоляции между жилами равняется толщине изоляции между жилой и свинцовой оболочкой. Иногда, в особенности часто в Англии и США, толщина общей изоляции уменьшается по сравнению с изоляцией по жилам, и особенно в случае взамененной нейтралы. На фиг. 6 изображен К. нормальной конструкции с круглыми жилами, снабженный защитными оболочками (здесь 1—проводящая жила, 2—изоляция по жиле, 3—прокладка, 4—общая изоляция, 5—свинцовая оболочка, 6—джут и 7—ленточная броня).



Фиг. 6.

Диаметр  $D$  изолированного К. нормальной конструкции под свинцовой оболочкой при равенстве толщин изоляции на жиле и общей изоляции м. б. вычислен по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 D &= 4z + D' \dots \dots \text{одновильный К.} \\
 D &= 6z + 2D' \dots \dots \text{двухжильный К. с круглыми жилами} \\
 D &= 6,3z + 2,15D' \dots \dots \text{трехжильный К. с круглыми жилами} \\
 D &= 6,86z + 2,43D' \dots \dots \text{четырёхжильный К. с круглыми жилами} \\
 D &= 6,0z + 1,85\sqrt{Q} \dots \dots \text{двухжильный К. с сегментными жилами} \\
 D &= 6,3z + 2,4\sqrt{Q} \dots \dots \text{трехжильный К. с сегментными жилами} \\
 D &= 6,86z + 2,65\sqrt{Q} \dots \dots \text{четырёхжильный К. с сегментными жилами}
 \end{aligned}$$

где  $D'$ —диам. проводящей жилы,  $Q$ —сечение каждой жилы и  $z$ —половина табличной толщины изоляции (радиальной изоляции), взятой из норм I Всесоюзного энергетич. съезда (ВЭС) или ВСЕ. В виду большого разнообразия конструкций секторных и сегментных жил результаты вычислений по этим формулам для секторных кабелей могут давать отклонения в 1—2 мм; для вполне точного определения диам. нужно знать точную конструкцию сектора.

Толщины свинцовых оболочек также нормируются соответствующими стандартами. Они б. ч. ставятся в линейной зависимости от диам. изолированного К. и назначаются не ниже 1,1—1,2 мм, обуславливаемые пределом надежной работы свинцовых прессов. К. в голый свинцовой оболочке называется голым освинцованным К. (марка СГН или СГСН для случая изоляции из пропитанной бумаги). Такие К. особенно распространены в Америке, где они прокладываются в канализации (доктах). К., прокладываемые в

станционных помещениях, получают поверх свинцовой оболочки слой специального состава, один или два слоя бумажной ленты и обмотку пропитанным джутом; такой К. называется асфальтированным (торг. марка САН или САСН). К., прокладываемые непосредственно в земле, отличаются от асфальтированного К., тем, что поверх пропитанного джута они имеют броню из 2 железных лент (торг. марка СБН или СВСН) или из плоских железных проволок (торг. марка СПН или СПСН), покрытую оболочкой из пропитанного джута и слоем мелового раствора (для предупреждения сплипания на барабане). Подводные кабели имеют броню из круглых толстых железных проволок (от 4 до 8 мм в диаметре) или из профильных проволок, а иногда две проволочные брони; комбинация из ленточной и проволочной брони теперь оставлена. Оставлено также и опрессование подводных кабелей двойной свинцовой оболочкой, часто прежде употреблявшееся, так как простая свинцовая оболочка, даже несколько меньшей суммы двух оболочек, гораздо прочнее и надежнее.

Толщины защитных оболочек также б. ч. нормируются. При ленточной броне лента верхнего слоя должна перекрывать ленту нижнего слоя примерно на  $\frac{1}{2}$  ширины. Ширина брони зависит от шага брони, выбираемого в зависимости от диам. К. и расстояния между краями ленты на К. (отрицательной перекрыши); обычно она приближается к величине покрываемого диаметра. Число круглых проволок брони вычисляется по формуле:

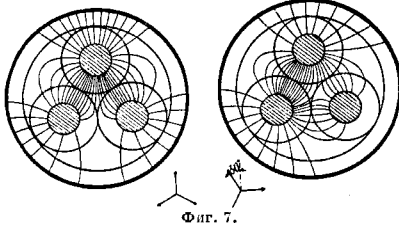
$$n = \frac{3,14(D+d)}{1,1d} \quad (1)$$

где  $D$ —диаметр К. под броней и  $d$ —диаметр проволоки.

Вес и строительные длины. Из-за удобства обращения при прокладке и транспорте предпочитают не превышать 3 000—3 500 кг нетто К. на строительную длину. Практика установила наружный диам. К. в 100—110 мм и вес в 30 кг на п. м как пределы, выше к-рых прокладка становится очень неудобной. Обуславливаемые вышеуказанным предельным весом строительная длина К. в случае надобности м. б. значительно превзойдена; так, в 1922 году фирмой Сименс-Шукерт для норвежских фирмов были изготовлены подводные К. на 22 kV, вес отдельной строительной длины у которых достигал 65 т. Можно считать, что кабельные заводы без особых затруднений могут давать кабели весом в 7 000—8 000 кг в одном конце.

Современные специальные К. нормальной конструкции кабелей обладают рядом недостатков, делающих ее непригодной для напряжений выше 25—30 kV. Наиболее существенные недостатки этого К.—тангенциальная электрич. напряженность диэлектрика и остаточные деформации после расширения свинцовой оболочки, вызываемые циклами нагрева или механич. усилиями. На фиг. 7 изображено электрич. поле этого К.; из фиг. видно, что частично слои бумажной изоляции получают тангенциально напряженными, а диэлектрич. проч-

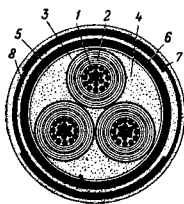
ность бумаги в тангенциальном направлении значительно ниже, чем в радиальной. В прокладке между жилами К. нормальной конструкции легко образуются пустоты, в



Фиг. 7.

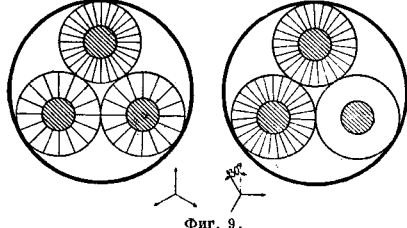
к-рых возникает изоляция, чему менее подвержены К. описанных ниже специальных конструкций. К. такому же результату ведет и остаточное расширение свинцовой оболочки, получающееся после ряда циклов нагрева К. током из-за ее малой эластичности.

Наиболее распространенным из специальных высоковольтных К. является К. с металлизированными жилами, так наз. Н-кабель (Г. П. — Гехштетера). Идея этого К. заключается в том, что каждая изолированная жила обматывается сверху металлизированной (преимущественно алюминием) и перфорированной (для возможности пропитки) бумагой. Три такие жилы скручиваются вместе с джутовой или бумажной прокладкой, а затем обматываются полотно, протканное медными проволоками (для контакта



Фиг. 8.

между свинцовой оболочкой и металлизирован. бумагой), затем после сушки и пропитки К. опрессовывается общей свинцовой оболочкой [4]. На фиг. 8 показано сечение этого К., где 1—проводящая жила, 2—кабельная бумага, 3—металлизированная бумага, 4—прокладка, 5—полотно, протканное медными проволоками, 6—свинец, 7—ленточная броня и 8—джут.

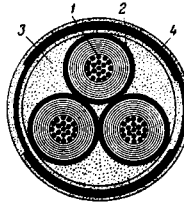


Фиг. 9.

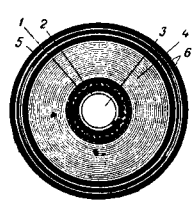
На фиг. 9 показано электрич. поле этого К.; оно сводится к полю одножильного К. Такие К. делают трехжильными для напряжений от 10 до 60 кV, а опытные К. даже до 100 кV. Принцип металлизации жил часто прилагается также и к одножильным К.

Ту же задачу стремится решить так наз. S-L-кабель. На фиг. 10 дано сечение этого кабеля. В нем каждая изолированная жила 1 отдельно опрессовывается свинцовой оболочкой 2, после чего жилы скручиваются вместе с прокладками 3 из джута и покрываются общей броней 4. Имеется ряд установок: кабельное кольцо вокруг Ленинграда на 35 кV, кабельная сеть для электрификации пригородного сообщения в Берлине на 30 кV (изготовление завода Фогеля, длина ок. 20 км) и опытные участки в Англии на 44 кV [16, 40].

Проблема К. на напряжение выше 60 кV в настоящее время практически решается системой трех одножильных кабелей. Наиболее известным из таких К. является кабель Пирелли (Ит. патент — Л. Эмануелли), изображенный на фиг. 11 (2—опорная спираль, 4—изоляция, 5—броня из медных лент, назначение которой — укрепление свинцовой оболочки). Этот К. резко отличается от всех



Фиг. 10.



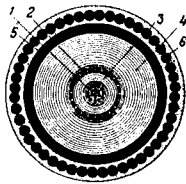
Фиг. 11.

прежних К. как способом его установки, так и производством. Внутри проводящих жил 1 К. имеет полое пространство 3, где циркулирует масло, находящееся под давлением, создаваемым при помощи резервуаров, устанавливаемых рядом с муфтами. Пропитка, в отличие от остальных К., производится жидким минеральным маслом, типа трансформаторного. Наличием канала внутри жилы и малой вязкостью пропиточной массы достигается полное устранение влияния термич. расширения и сокращения как масла, так и свинцовой оболочки 6. Кабельная бумага применяется разной плотности, а именно: вблизи проводящих жилы идет особо уплотненная, затем—менее уплотненная и последние слои—нормальная кабельная бумага; т. о. соблюден т. наз. принцип градации, заключающийся в расположении изоляции с наибольшей диэлектрич. постоянной (и обладающей большей электрич. прочностью) в наиболее напряженных частях К., чем достигается выравнивание электрич. напряженности изоляции. Как сушка, так и пропитка этого К. производится, в отличие от прочих К., после опрессования К. свинцовой оболочкой. Помимо опытного участка в Италии К. этот установлен в кольцевых сетях Нью Йорка и Чикаго на напряжение 132 кV—максимальное пока рабочее напряжение в установленных К. [43, 83].

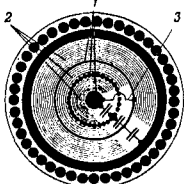
Немецкие К. для высших напряжений бывают двух конструкций—Маурера и Зильбермана; оба продолжены на опытной линии в Нейнаре, с рабочим напряжением 110 кV. Сечение К. сист. Маурера дано на фиг. 12.



Его проводящая жила разбита на две части: внутреннюю скрутку 1 и наружный слой 2 из плоских проволок, разделенных слоем пропитанной бумажной изоляции 3 и соединяющихся вместе в муфтах К. Разделение это мотивируется необходимостью искусственного увеличения диаметра проводящей жилы для получения невыгоднейшего диаметра К. Изоляция 4 поверх верхнего слоя



Фиг. 12.

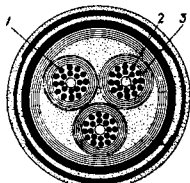


Фиг. 13.

проволок наложена по принципу градации, как и в К. системы Пирелли. К. бронирован поверх свинцовой оболочки 5 проволоками из немагнитного материала 6 [14]. К. системы Зильбермана (фиг. 13), являясь развитием старой идеи Шаффа, представляет собою другое очень интересное решение вопроса о выравнивании электрической напряженности диэлектрика одножильного К. Внутреннее пространство проводящей жилы 1, рассчитанное по диам. на невыгоднейший наружный диаметр, Зильберман использует для включения добавочного конденсатора в форме слоев проволоки, разделенных изоляцией 2, чем он разгружает наиболее напряженные слои последней. В муфтах добавочные конденсаторы и жилы соответствующим образом (3) соединяются [32].

Идея подразделения изоляции на секции использована в английском К. сист. Тейлора, предназначенном для 150 кВ; этот К. требует однако специальных трансформаторов и практически не выполнен.

Для прокладки в почвах, подверженных сильному смещению, оплывам и т. п., в последнее время создан тип так наз. расширительного К. (Dehnungskabel) [32].



Фиг. 14.

Проводящая жила 1 кельнского К. скручена из проволок, наложенных на мягкий джутовый сердечник 2 (фиг. 14); кроме того между проволоками имеется азот 3, а шаг крутки почти вдвое меньше обычного. Благодаря этому К. без вреда м. б. растянуто на 1% своей длины, что совершенно не было достижимо при старом методе устройства сложных соединений в специальных расширительных муфтах. К. а-да в Дунсбурге устроен так, что в нем изолированные жилы скручиваются на мягком сердечнике. Эти новые К. строятся теперь до 35 кВ как по нормальной конструкции, так и (для высоких напряжений) по конструкции Н-кабеля.

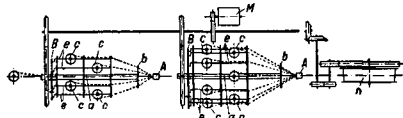
К. сист. Липро и Пфанкуха строятся для специальных целей селективной защиты.

Конструкция их приурочена к схемам селективной защиты, и особенности заключаются в том, что у К. сист. Липро имеется в центре проводящей жилы изолированный сердечник, а в К. сист. Пфанкуха проволоки наружного слоя изолированы через одну [32].

Для воздушных линий при напряжениях от 220 кВ и выше создан ряд конструкций т. н. полого К. Наиболее известные из них полые К. сист. Фельтен и Гильома, Сименс-Шукерта, Анаконда и др. [42].

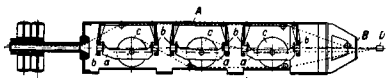
**Производство Н.** Почти все европейские 3-ды имеют свои волоочильные отделы для волочения проволоки до требуемых размеров; большинство 3-дов имеет также и прокатные станы для прокатки медных ваьербаров в катанку. Однако производство проволоки не является характерным для кабельного производства и поэтому здесь не описывается. Чисто кабельное производство начинается с размотки проволоки и крутки проводящей жилы.

**К р у т к а.** На фиг. 15 дана схема крутильной машины для правильной крутки проволок. Машина имеет полые оси а для пропуски центральной проволоки или отдельных пазов. Машины строятся на 1, 2, 3 и даже на 4 клетки, могущие вращаться как в од-



Фиг. 15.

ну, так и в разные стороны, по желанию. Движение машины идет от одного двигателя М. Тяга скрученной жилы осуществляется тягловым колесом D, за к-рым на специальном приемнике стоит приемный барабан для жилы. Ролики с с намотанной на них проволокой имеют не показанные на схеме тормоза для натяжения проволоки, идущей через

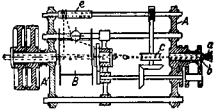


Фиг. 16.

розетку b в калибр А с отверстием по диам. скрученной жилы. Машины имеют эксцентрично пасаженные колеса В, связанные кривошинами с юхами (ярмо) е, на которые ставятся ролики с. Благодаря эксцентрическому колесу В юхи е, а вместе с ними и ролики с, за каждый оборот машины поворачиваются на 360° в сторону, обратную направлению вращения клетки (крутка «с откруткой»). Цель такого устройства заключается в предупреждении неизбежного закручивания каждой проволоки вокруг своей оси на 360° при каждом обороте клетки, чем избегаются остаточные скручивающие напряжения в проволоке и самораскручивание жилы. Машины этого типа—тихоходные и дают около 1 000—1 500 м за 8 ч.

На фиг. 16 дана схема быстрой крутильной машины, в русской практике называемой «сигарой». Ролики с с проволокой

посажены в иоху *a*, имеющие полые оси и опирающиеся на шариковые подшипники *b*; эти ролики во время вращения тела сигары *A* остаются параллельными своему исходному положению, чем осуществляется принцип открутки. Проволока с роликов идет через полные оси иголок по телу сигары и по направляющим роликам к розетке *B* и калибру *D*, а затем к тяговой шайбе и приемному барабану. Машини преимущественно строятся на 6 роликов для 7-проволочной кутки (от мелких сечений до 50 мм<sup>2</sup>). Для кутки в 19 проволок строятся сигары, имеющие два тела *A*, стоящие на одной оси и вращающиеся в разные стороны. Однако 19-проволочная кутка на сигарах пока возможна только для мелких сечений, так как внутренняя 7-проволочная заготовка должна пройти по стенкам второго тела сигары, где она неизбежно подвергается острым изгибам, и потому кутка идет плохо. Недавно выпущен новый 13-роликовый тип сигары, где внутренняя 7-проволочная за-



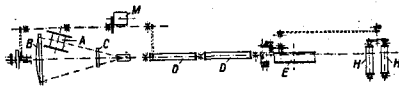
Фиг. 17.

готовка ставится на переднем ролике, имеющем увеличенные размеры, чем до некоторой степени ослабляются недостатки 19-проволочной сигары. Производительность сигар в 5—8 раз выше тиходходной машины.

Дикая (шнуровая) скрутка осуществляется простыми и легкими машинами, так наз. крыльчатками, имеющими много разновидностей. Одна из таких разновидностей изображена на фиг. 17. Пучок тонких проволок *a*, сматывающийся с катушек или роликов, расположенных вне машины, проходит через ось *b*, вращающуюся вместе с телом крыльчатки *A*. Скрученный пучок через тяговую ролик *c* и автоматич. водилку *e* наматывается на приемный барабан *B*, расположенный внутри крыльчатки.

Имеется также ряд типов вертикальных крутильных машин как с откруткой, так и без открутки, предназначенных для правильной кутки мелких сечений.

Изолированные жилы скручиваются в *K*. на т. наз. трехфазных машинах; схема одного из больших типов таких машин дана на фиг. 18. Вся машина получает движение от



Фиг. 18.

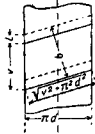
мотора *M*. Ролики *A* с намотанной изолированной жилой ставятся на иоху, укрепленные между шайбой машины *B* и венцом *C*. Шайба *B* имеет набор переставляемых зубчатых колес, позволяющих удобно крутить как с откруткой, так и без открутки. *K* трехфазной машине почти всегда ставятся и изолирующие аппараты *D*, где *K* получает кольцевую изоляцию или обматывается лентой для механической прочности. Тяга *K* осуществляется тяговой шайбой *E*, после к-рой *K* идет на приемный барабан,

устанавливаемый на приемнике *H*. Удобное переключение для кутки с откруткой и без открутки очень важно для этих машин, так как секторные *K* можно крутить только без открутки.

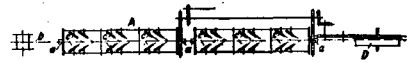
**Изолировка *K*.** Кабели с изоляцией из пропитанной бумаги изолируются почти всегда до пропитки. Исключение представляет способ Бивера, в к-ром *K* изолируется уже пропитанной бумагой и под изолирующим маслом (применяется в Англии только на одном заводе). Ширина бумажной ленты (см. схему обмотки лентой на фиг. 19) выбирается по формуле:

$$b = \frac{nd(v+l)}{\sqrt{r^2 + \pi d^2}}$$

Величина перекрытия *l* выбирается различными заводами по-разному. Теоретически правильно брать *l* = 0, но тогда при изгибах *K* могут страдать кромки бумаги, поэтому часто дают положительное перекрытие, а иногда — отрицательное [30]. Схема наиболее распространенной изолирующей машины дана на фиг. 20. Машина имеет полые оси *a*,

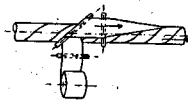


Фиг. 19.



Фиг. 20.

через к-рые проходит изолируемая жила *b*. Машина состоит из одного или из нескольких обмоточных аппаратов *A*, могущих вращаться в одну и в разные стороны. Тарелки *c* с кружками нарезанной бумаги могут переставляться как под углом к движению жилы, так и вдоль ее движения. Число тарелок *c* в одной машине при нескольких аппаратах может доходить до 100. *D* — тяговая шайба. Другой часто встречающийся тип



Фиг. 21.

изолирующей машины — это тип венского завода Демут. Машина состоит из отдельных спинеров с тремя тарелками на каждом. Хотя машина получается очень длинной, зато через каждые 3 ленты бумаги можно менять направление обмотки, что прежде очень ценилось.

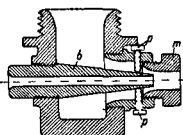
В описанных выше типах машин получается не совсем равномерное натяжение кромок бумаги, вследствие чего трудно получить т. н. «деревянную» обмотку, необходимую для *K*. на очень высокое напряжение. В последнее время развился новый тип т. н. тангенциальной изолирующей машины. На фиг. 21 показан принцип тангенциальной обмотки так, как он выполняется герм. фирмой Ниграуз. Фирма Фр. Крупп строит такие же машины с роликами бумаги, расположенными не перпендикулярно, а параллельно обматываемой жиле. При обмотке во избежание сморщивания бумаги и ослабления тем самым электрической прочности кабеля желательно брать несколько возможно более узкие ленты.

Резиновая изоляция накладывается одним из 3 способов: обмотка, горячая прессовка и

холодная прессовка. Первый способ, самый старый, теперь редко применяют. В этом способе на обмоточных машинах, аналогичных вышеописанным, медная луженая жила обматывается одной или несколькими прокандированными и разрезанными на кружки резиновыми лентами и сверху обматывается прорезиненной лентой. Схема горячего пресса (шплиц-пресса) изображена на фиг. 22, а на фиг. 23 дана головка пресса (в котором однако опрессовываемая проволока проходит не через шнек, а перпендикулярно к нему). Резиновая смесь в форме колбасок или лент закладывается в отверстие *a* и затем

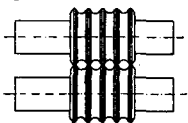


Фиг. 22.



Фиг. 23.

вращающимся шнеком *c* подается в кольцевое отверстие между дорном *b* и матрицей *m*. Опрессовываемая проволока *d* под действием тигового аппарата проходит через полый шнек в кольцевое отверстие, где покрывается резиновой оболочкой. Пространства *e* обтекаются или паром или водой для регулирования *t°* смеси. Головка *K* может вывинчиваться для смены дорна и матрицы. В головке на фиг. 23 дорн можно центрировать винтами *p*. На шплиц-прессах можно накладывать изоляцию только в один слой, так как при вторичном опрессовании трудно получить изоляцию, которая не расслаивалась бы. Для изоляции в два и более слоев служат продольные (или холодные) прессы. На этих прессах проволоки проходят через одну, две или три пары валцов, подобных изображенным на фиг. 24; к этим же валцам с кружков подходит сверху и снизу две резиновые ленты, которые валцами плотно прижимаются к проволокам и одновременно простым давлением склеиваются и режутся.



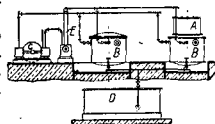
Фиг. 24.

Обмотку прорезиненной лентой провода получают по б. ч. на особых лентообмоточных машинах, а иногда на обмоточных аппаратах, приспособленных к продольному прессу. Вулканизация провода подвергаются уже после обмотки прорезиненной лентой в особых котлах, т. н. в у л к а н и з а т о р а х. Вулканизатор представляет собою котел со змеевиком, в котором на железных барабанах, на больших железных тарелках или в бухтах закладывается подвергающийся вулканизации провод; через котел проходит пар при давлении в 40—45 фунт/дм<sup>2</sup>. Время вулканизации зависит от состава резиновой смеси.

Необходимая для покрытия изоляцией резиновая смесь доставляется из резиноделательного отдела з-да, являющегося в виду особенности предъявляемых к изоляционной резине требований необходимой принадлежностью каждого кабельного з-да, выпускающего резиновые провода и К. В суще-

ственном оборудовании этих отделов не отличается от оборудования резиновых з-дов.

Сушка и пропитка. Процесс сушки и пропитки *K* является одной из наиболее ответственных операций, определяющих качество диэлектрика *K*. Как сушка, так и пропитка ведется обычно в одной и той же аппаратуре. Схема одной из таких установок дана на фиг. 25. Изолированный *K*, намотанный на железные барабаны *A* или сматанный в специальные железные корзины, погружается в вакуум-аппарат *B*, где он в течение некоторого времени (обычно 1—2 час.) нагревается благодаря паровому змеевику (или рубашке), имеющемуся в аппарате. После этого при помощи насоса *C* воздух эвакуируется, а кабель продолжает нагреваться под вакуумом. Продолжительность процесса сушки в зависимости от вакуума, толщины изоляции, веса бумаги, степени сушки и от установившихся методов з-да колеблется в весьма широких пределах: от полного отсутствия сушки до 6 суток, обычная же продолжительность—от 24 часов до 3 суток [89,97]. Контроль сушки почти всегда производится при помощи конденсатора *E* путем наблюдений за выходом конденсата и наличием «росы» в смотровом стекле конденсатора. Для получения вполне удовлетворительного кабеля требуется очень высокий вакуум; лучшие з-ды в настоящее время достигают практически абсолютного вакуума (до 1—2 мм Нг и ниже), употребляя при конце процесса насосы почти лабораторного типа. После окончания сушки *K* немедленно пропитывается путем открытия вентилей, дающих доступ пропиточной массе в вакуум-аппарат из сборного теньса *D* (пропитка под вакуумом). Процесс пропитки б. ч. ведется так: несколько часов (2—4 ч.) после выпуска пропиточной массы *K* продолжает обогреваться, а затем пар закрывается, и *K* или остается в том же котле или же переносится в другой холодный котел с массой, где он и остается. Тем-ры как сушки, так и начала пропитки колеблются в пределах 110—130°. Хорошо сделанный *K* должен опрессовываться свицовой оболочкой, будучи охлажденным до 4—6° выше окружающей *t°* (некоторое превышение требуется для устранения отпегивания). Если это не сделано, то вследствие теплового сокращения объема массы *K* получит внутрь воздух. Описанный ход сушки и пропитки иногда значительно усложняется, а именно: применяется нагрев жил током или электризация постоянным током высокого напряжения, а также продувание углекислотой или другим нейтральным газом, для того чтобы газы, включения, почти неизбежные в *K*, не содержали кислорода и т. п.



Фиг. 25.

В последнее время для установления режимов сушки и пропитки *K* применяется способ контроля путем электрич. измерений емкости или угла потерь во время самого процесса. Характер кривых, получающихся

при таких измерениях дан на фиг. 26 [48]. Подобного же рода немецкие исследования описаны П. Юниусом [47, 29]. Освинцевание и бронирование К. делается так же, как телефонного К.

**Теория Н.** Самоиндукция К. играет для высоковольтных К. незначительную роль. Коэф-т самоиндукции при нормальных частотах м. б. для трехфазного скрученного К. вычислен из Ф-лы:

$$L = l (0,05 + 0,46 \lg \frac{2D}{d}) 10^{-9} \text{ Н/км}, \quad (3)$$

где  $D$ —расстояние между центрами проводящих жил К.,  $d$ —диаметр проводящей жилы и  $l$ —длина каждой жилы на 1 км.

Емкость К. относительно одиночного К. на 1 км длины вычисляется по Ф-ле:

$$C = \frac{\epsilon \cdot 10^{-9}}{9 \cdot 4,6 \lg \frac{R}{r}} \text{ Ф/км}, \quad (4)$$

где  $R$ —внутренний радиус свинцовой оболочки,  $r$ —радиус проводящей жилы и  $\epsilon$ —диэлектрич. постоянная. Рабочая емкость трехжильного К. при трехфазном токе м. б. вычислена по Ф-ле:

$$C = \frac{\epsilon \cdot 10^{-9}}{9 \cdot 4,6 \lg \left[ \frac{3d^2(R^2 - d^2)^2}{r^2 R^2 - d^6} \right]} \text{ Ф/км}, \quad (5)$$

где  $R$ —радиус свинцовой оболочки,  $d$ —расстояние от центра К. до центра проводящей жилы,  $r$ —радиус проводящей жилы и  $\epsilon$ —диэлектрич. постоянная (для пропитанной бумажной изоляции в пределах 3,0—4,2). Если все провода будут находиться при потенциале одного знака (напр. грозовой разряд), емкость будет:

$$C_{10} = \frac{\epsilon \cdot 10^{-9}}{18 \cdot 4,6 \lg \frac{R^2}{3d^2r}} \text{ Ф/км}. \quad (6)$$

Ф-лы (5) и (6) могут давать ошибку до 10%. Между частичными емкостями трехфазного кабеля и емкостью при трехфазном токе имеются следующие соотношения: емкость провода относительно двух других и свинцовой оболочки =  $C_{10} + 2C_{12}$ ; емкость 3 проводов относительно свинцовой оболочки =  $3C_{10}$ ; емкость при трехфазном токе =  $C_{10} + 3C_{12}$ , где  $C_{10}$ —емкость одного провода относительно свинцовой оболочки,  $C_{12}$ —емкость одного провода относительно другого. Отсюда для вычисления емкости при трехфазном токе необходимо сделать два измерения, а именно: емкости одной жилы относительно двух других и свинцовой оболочки и емкости 3 жил отосит. свинцовой оболочки, откуда вычисляется емкость при трехфазном токе.

Различают: а) статич. емкость, получаемую при помощи измерения методом сравнения при постоянном токе, б) эффективную емкость, получаемую вычислением из отсчетов по амперметру и вольтметру при переменном токе, в) действительную емкость, получаемую при переменном токе из отношения свободного заряда  $Q_{max}$  к  $E_{max}$  при обработке осциллограмм тока и напряжения [47]. Для темп-ры К., не превышающей  $t^{\circ}$  перехода проточной массы из густого в

разжиженное состояние (около  $40^{\circ}$ ), величины действительной и статич. емкости близки совпадают; при более высоких  $t^{\circ}$  величина статич. емкости быстро возрастает, действительная емкость при этом на 4—5% уменьшается, вследствие уменьшения диэлектрич. постоянной. Эффективная емкость, практически наиболее важная, в высокой степени зависит от формы кривой тока. При синусоидальной форме эта емкость хорошо согласуется с действительной емкостью, при сильно заостренных формах кривой тока эффективная емкость увеличивается (увеличение может достигать 50%), при тупых формах, наоборот, уменьшается.

Электрич. напряженность изоляции одножильного кабеля. Из фиг. 9 видно, что электрич. поле одножильного К. обуславливает неодинаковую напряженность разных слоев изоляции; наиболее напряженными получаются слои, непосредственно прилегающие к проводящей жиле. Классической Ф-лой для расчета максимальной напряженности изоляции у поверхности провода является формула О'Гормена:

$$\delta = \frac{v}{2,3 r \lg \frac{R}{r}} \text{ В/мм}, \quad (7)$$

где  $\delta$ —градиент потенциала у поверхности провода,  $v$ —разность потенциалов между жилой и свинцовой оболочкой,  $R$ —радиус К. под свинцом,  $r$ —радиус проводящей жилы. При заданных  $\delta$  и  $v$  можно из этой Ф-лы найти  $r$ , к-рому соответствует минимальный  $R$ , а именно: при  $r = \frac{v}{\delta}$  этот  $R$  будет теоретически наимыгоднейшим. Градиент принято выражать в эффективных В. Формула О'Гормена выведена в предположении, что проводящая жила имеет поверхность гладкого цилиндра, в действительности же она большей частью скручена из нескольких проволок. Формула, учитывающая увеличение градиента от проволочности жилы, дана В. Дейтшем [49]:

$$\delta = \frac{0,4313 v \lambda}{r \left( \lg \frac{\lambda}{\lambda + v \lg \frac{R}{r}} \right)}, \quad (8)$$

где  $v$ —число проволок в верхнем слое медной жилы, а  $\lambda = \frac{1 + v \sin \frac{\pi}{v}}{\sin \frac{\pi}{v}}$ . При К. с нор-

мальным числом проволок поправка на проволочность жилы достигает 25—30%; поправка тем выше, чем тоньше проволоки. При обычных расчетах однако эта поправка включается очень редко, ибо практически важно получить лишь сравнительные результаты.

Опыт с пробоем К. не подтверждает полностью Ф-лу О'Гормена; а именно: установлено, что при малых диам. проводящих жил приближающийся градиент получается более высоким, чем при больших. В связи с этим имеется ряд предположений изменений этой Ф-лы. Прежде всего нужно упомянуть теорию минимальной напряженности Ферри [47], согласно которой пробой между концентрич. электродами зависит не от максимальной градиента у поверхности провода, а от минимального—у слоев, непосредственно прилегающих к свинцовой оболочке,

причем допускается, что часть диэлектрика около пробома м. б. перенапряжена выше своего предела электрич. прочности. Формула О'Гормена в этом случае преобразовывается таким образом:

$$\delta = \frac{v}{2,3R \lg \frac{r}{r_1}} \quad (9)$$

Продифференцировав эти выражения по  $R$  и приравняв производную нулю, получим:  $\frac{R}{r} = c = 2,72$ , т. е. минимум минимальной напряженности для всяких напряжений получается при известном соотношении диаметров провода и изолированного К. Т. о. с точки зрения этой теории увеличивать толщину изоляции выше известного предела не только не выгодно, но даже вредно. Контрольные опыты не подтвердили и этой теории, и был сделан еще ряд попыток найти более правильную зависимость. Укажем на последнюю работу в этом направлении П. Л. Гувера [48], к-рый, исходя из теории и экспериментальных работ К. В. Вагнера об электрич. пробое, дал для градиента напряжения следующее выражение:

$$\delta = \frac{2\pi \cdot 175 r \cdot I}{4\pi r^2 + 0,1 I^2 a^2} \quad (10)$$

где  $r$ —радиус провода, а  $I$ —ток в мА через диэлектрик К. на 1 см длины. Согласно этой теории, распределение градиента вдоль радиуса К. зависит от материала диэлектрика и от приложенного напряжения, причем максимальный градиент совпадает с поверхностью проводящей жилы только при нижних напряжениях, а при пробое максимальный градиент получается приблизительно в центре, посредине между жилой и свинцовой оболочкой.

Электрическая напряженность и изоляции трехфазного К. Формулы для вычисления градиента напряжения трехфазного К. нормальной конструкции м. б. выведены так же легко и просто, как для одножильного К., и их приходится выводить с некоторыми допущениями, обуславливающими часто большие ошибки. Существует ряд таких формул, дающих очень несходные результаты. Наиболее надежной и простой ф-лой является ф-ла В. Аткинсона [44], выведенная путем экспериментального исследования поля трехфазного К.:

$$\delta = \frac{0,484v}{\sqrt{3r} \lg \frac{2r+d}{\sqrt{3} \cdot r}} \quad (11)$$

где  $v$ —междуфазное напряжение,  $d$ —толщина изоляции между жилами,  $r$ —радиус провода,  $\delta$ —градиент напряжения у поверхности провода в точке, лежащей на линии, соединяющей центр провода с центром К., где градиент получается максимальным. Поправка на проволочность жилы в формулу Аткинсона не включена; величина этой поправки по его опытам близко согласуется с результатами вычислений из формулы Дейтона. В виду неоднородности строения диэлектрика трехфазного К. и возникающих тангенциальных напряжений изоляции, пробные градиенты трехфазного К. нормальной конструкции б. ч. получаются меньше, чем у одножильного К.

Расчет градиента напряжения трехфазных К. специальных конструкций—Н-кабеля, S-L-кабеля сводятся к расчету одножильного К. Величина допускаемого градиента в К. на большое напряжение из-за ограниченности наружных размеров неизбежно берется более высокой, чем у К. на малое напряжение, в к-рых толщина изоляции обуславливается главн. обр. механич. прочностью самой изоляции. Толщины изоляции К. по нормам VDE подсчитаны так, что градиент напряжения нигде не превосходит 3 000  $V_{eff}/\text{мм}$  (для 25 кV рабочего напряжения); для К. в 6 кV градиент не превосходит 1 850  $V/\text{мм}$ . Для К. на высшее напряжение эти величины значительно больше; напр. одножильные К. для колена вокруг Парижа, работающие при 60 кV между фазами, имеют градиент 4 350  $V/\text{мм}$ . За границей фирмы часто гарантируют пробойный градиент: в Америке—15 кV/мм, в Германии—20 и даже 25 кV/мм. Повышение градиента в высоковольтных К. должно компенсироваться улучшением качества изоляции как путем выбора соответств. сырья, так и методом фабрикации и конструкции И. К.

Нагревание К. Нагрев К. при работе обуславливается теплом Джоуля, потерями в диэлектрике, в свинцовой оболочке и броне. Для К. на напряжение до 25 кV потери в диэлектрике играют незначительную роль; потери в свинцовой оболочке и броне могут иметь значение только для одножильных кабелей при переменном токе, поэтому расчет допустимой нагрузки для К. нормальной конструкции ведут по ф-ле Тейхмюллера (или по ее видоизменениям), учитывающей только тепло Джоуля [50]. В общем виде эта ф-ла гласит:

$$I = \frac{16,52}{\sqrt{n \cdot e_c}} \sqrt{\frac{Q \cdot \pi}{k \lg \frac{h D_n}{D_h} + H \lg \frac{d_l}{D_a}}}, \quad (12)$$

где  $I$ —допустимая нагрузка в А на каждую жилу;  $n$ —число проводящих жил в кабеле;  $e_c$ —удельное сопротивление в  $\Omega$  материала проводящей жилы, отнесенное к 1 м и 1 мм<sup>2</sup> при  $t^\circ$ , соответствующей повышению на  $\tau^\circ$  над окружающей  $t^\circ$ ;  $Q$ —площадь поперечного сечения в мм<sup>2</sup>;  $k$ —удельное тепловое сопротивление К. в электрических единицах (разница в  $^\circ\text{C}$  между противоположными сторонами см<sup>2</sup>, вызывающая переход 1 W тепла);  $H$ —то же для почвы;  $l$ —глубина прокладки в мм;

$$h = \frac{D_1 D_2}{D_2 D_4} \sqrt{\frac{D_h + (n-1) D_e}{n D_e}}$$

$D_h$ —диам. круга, описанного из центра К. касательно к наружным поверхностям проводящих жил, в мм;  $D_n$ —внешний диаметр К. в мм;  $D_1$  и  $D_2$ —внутренний и наружный диам. свинцовой оболочки в мм;  $D_3$  и  $D_4$ —внутр. и наружный диам. железной брони в мм;  $D_e$ —диам. проводящей жилы в мм.

В практике нормирования нагрузки входящие в ф-лу величины принимаются в следующих пределах. а) Рабочая  $t^\circ$  принимается от  $t = 85^\circ - E$ , где  $E$ —кV рабочего напряжения (в америк. нормах А. И. Е. Е.), или до  $15^\circ + 25^\circ - 40^\circ$  (в германских нормах VDE). Англ. нормы В. Е. А. М. А. принимают  $t^\circ = 60^\circ$  и  $50^\circ$ , русские ВЭС— $50^\circ$ . б) Тепло-

вое удельное сопротивление  $K$ . в нормах VDE принимается  $k=550$  (в  $W, ^\circ C, cm^2$ ); в англ. нормах В. Е. А. М. А.  $k=550$  для  $K$ . среднего и высокого напряжения и  $k=750$  для  $K$ . малого напряжения. Американцы не дают нормированной таблицы нагрузок и пользуются для вычислений величинами  $k=1000-1200$ . Экспериментальные работы [76] показывают, что  $k$  для свежесготовленных  $K$ . колеблется в пределах от 300 до 1300. Величина  $k$  тем меньше, чем лучше пропитка  $K$ .; присутствие влаги его понижает; чем выше  $t^\circ$ , тем меньше  $k$ . в) Тепловое сопротивление почвы в нормах VDE принято  $H=40$ ; англ. нормы принимают  $H=180$ , давая в то же время поправочные коэффициенты для % содержания в почве влаги и для характера почвы. Величина  $H$  варьирует по разным нормам от 40 до 380.

Ф-ла Тейхмюллера приложима к  $K$ . нормальной конструкции с круглыми жилами.  $K$ . с секторными жилами позволяют увеличить нагрузку на 4—10%. Специальные Н-кабели и S-L-кабели допускают увеличение нагрузки на 15—20%. Исследование теплового поля этих  $K$ . было сделано К. Фельдманом [42], Ф. Фокком [43] и др. Прокладка нескольких  $K$ . в одной траншее или в одном канале, а также при других неблагоприятных условиях, уменьшает допустимую нагрузку; поэтому современные нормы вводят таблицы понижения допустимой нагрузки для различных родов прокладки. Интересные исследования влияния нагрева от соседних  $K$ . произведены Р. Делакурром и Л. Русселлом [61].

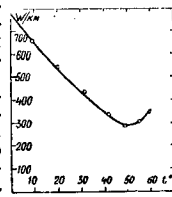
**Свойства диэлектрика  $K$ . С о п р о т и в л е н и е** и **з о л я ц и** и прежде считалось единственной характеристикой, определяющей качество диэлектрика  $K$ . В настоящее время эта характеристика считается второстепенной, в особенности для  $K$ . с пропитанной бумажной изоляцией. Эта характеристика сильно меняется от  $t^\circ$ , влажности, времени приложения напряжения и его величины, состава пропиточной массы (в частности содержания гарлуца), геометрии, размеров  $K$ ., а также от наличия заряда в диэлектрике. Величина сопротивления изоляции ни в каком отношении к основному свойству  $K$ .—прочности на пробой—не стоит.

Потери в диэлектрике  $K$ . связаны вся новая история развития высоковольтного  $K$ . Из исследований ряда экспериментаторов, в особенности М. Гехштедтера [77, 78], выяснилось, что активные потери в диэлектрике можно выразить ф-лой:

$$A = \alpha N E^2 \cos \varphi = E^2 g, \quad (13)$$

где  $\alpha$ —коэф., зависящий от  $t^\circ$  и материала,  $N$ —число пер/сек.,  $E$ —амплитуда напряжения и  $\varphi$ —угол между током и напряжением при холостом ходе. Величина потеря сильно зависит от  $t^\circ$ ; характер этой зависимости показан на фиг. 27, где минимум потерь соответствует точке перехода пропиточной массы из густожидкого в жидкое состояние. Абсолютная величина потеря имеет очень скромное значение для  $K$ . на напряжения до 20 кV включительно; свыше этого напряжения она может оказывать большое влияние

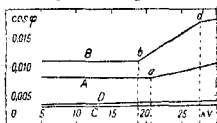
на нагрев  $K$ . и входит заметной частью в общие потери в линии [24]. До введения точных методов измерения потеря величина  $\cos \varphi$ , а следовательно и угла потерь  $\delta$ , считалась постоянной величиной; к такому заключению пришел напр. в 1910 г. М. Гехштедтер [77]. После работ Гехштедтера в литературе встречались указания на изменчивость  $\cos \varphi$  в зависимости от напряжения, но особое значение эти указания получили после работ Кларка и Шенклина [88] и Шенклина и Матсена, опубликованных в 1917—19 гг. Эти исследователи показали, что величина эффективного сопротивления изоляции  $K$ . постоянно уменьшается после достижения определенного градиента напряжения, который они определили в 1950 В/мм. Это понижение эффективн. сопротивления объяснялось ими тем, что после достижения известного градиента пузырьки воздуха или газа, заключенного в изоляции  $K$ ., ионизируются, становятся проводящими и пробиваются один за другим. Понижение эффективного сопротивления продолжается до тех пор, пока все пузырьки воздуха не будут пробиты, после чего сопротивление становится опять почти постоянной величиной. Ионизация заключенного в кабель воздуха должна вызвать образование озона, азотистых соединений и т. п., а следовательно и более или менее медленное разрушение изоляции, влекущее за собой гибель  $K$ . Теперь по этому вопросу существует обширная литература, и первоначальные взгляды на некоторой степени подверглись пересмотру; в частности величина градиента в 1950 В/мм совсем не имеет того значения, какое ей приписывалось Кларком и Шенклином. Однако по современным воззрениям характер зависимости  $\cos \varphi$  (коэф. мощности) или тесно связанной с ним величины  $tg \delta$  от напряжения является одним из важнейших критериев для суждения о качестве  $K$ ., причем выдвигают требование, чтобы точка ионизации была выше рабочего напряжения  $K$ . Здесь следует упомянуть о предложенном голландцами методе исследования  $K$ . на ионизацию, как о попытке создать рациональные нормы испытания [79]. В настоящее время выяснено, что кабели нормальной конструкции обладают неустойчивой характеристикой ионизации, вследствие остаточных деформаций свинцовой оболочки после повторных циклов нагрева током и вследствие присутствия прокладки между жилами, где легко образуются воздушные мешки. Этим определяется для таких  $K$ . верхняя граница рабочего напряжения в 25—30 кV. Значительно более устойчивыми характеристиками обладают одножильные  $K$ ., S-L-кабели и особенно Н-кабели, благодаря экранирующему влиянию металлизированной бумаги [81]. Схематическая картина поведения разных  $K$ . при снятии характеристик ионизации показана на фиг. 28. Здесь кривая  $A$  представляет типичную характеристику зависимости



Фиг. 27.

типичную характеристику зависимости  $\cos \varphi$  от напряжения. Здесь кривая  $A$  представляет типичную характеристику зависимости

мощности от напряжения для трехфазного К. нормальной конструкции; в точке *a* начинается ионизация. Кривая *B* представляет характеристику ионизации того же К. после нагрева и последующего охлаждения до первоначальной  $T$ ; видно, что ионизация начинается (*b*) при меньшем напряжении и проходит более энергично; в точке *d* ионизация закончена, кривая повышается с меньшим уклоном, характеризующим ионизацию мелких пустот. Кривая *C* представляет типичную форму характеристики ионизации Н-кабеля, в котором обычно нет начала ионизации до очень высоких напряжений. Кривая *D*—характеристика того же Н-кабеля после нагрева и охлаждения. Кривые *A* и *B* представляют примеры неустойчивых характеристик, кривые *C* и *D*—устойчивых.



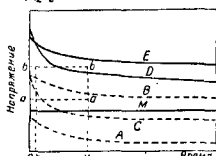
Фиг. 28.

Электрическая прочность на пробой. Испытания К. напряжением наиболее важны при определении пригодности данного куска К. Однако до сих пор в нормировании испытательных напряжений и условий испытания имеются глубокие разногласия, вызываемые поведением К. под напряжением и трудностью нахождения критерия для суждения о качестве и надежности К. в эксплуатации по результатам его испытания напряжением. Совершенно обычное явление, что К., выдержавший очень серьезные испытания на з-де, пробивается при относительно низких рабочих напряжениях в эксплуатации. На величину пробивающего напряжения оказывает влияние род тока, частота, форма кривой напряжения, время выдержки под напряжением. Ф. В. Пик для отношения *E* пробивающего напряжения (к длительно приложенному напряжению) к моментальному [дает ф-лу:

$$E = a + \frac{1-a}{\sqrt[3]{T}}, \quad (14)$$

где  $T$ —время в ск.,  $a$ —постоянная для данного типа К. Под моментальным пробивающим напряжением понимается такой пробой, когда К. пробивается в 30 ск. или менее. По В. Дельмару и К. Ф. Гансену [9], для америк. К.  $a = 0,42$ . Если в ф-ле Пика принять  $T = \infty$ , то  $E = 0,42$ , т. е. величина, при которой К. никогда не пробивается, выражается 42% от величины моментального пробоя. В действительности практика этого вывода вполне не оправдывает, т. к. с течением времени при высоком напряжении начинают действовать другие факторы, разрушающие изоляцию (ионизация, влияние внутреннего вакуума, деформация свинцовой оболочки и т. д.). В настоящее время в Америке усиленно разрабатывается типовой метод испытания К. на ускоренный срок службы путем испытания К. приложением различных напряжений, причем определяется характеристика «напряжение—время». На фиг. 29 приведена схема характеристик, получаемых при такого рода испытаниях, заимствованная у Ф. М. Фармера [9]. Прямая *M* представляет рабочее напряже-

ние, на которое предназначен К., линии *a* и *b*—испытательное напряжение. Если в К. имеется слабое место, к-рое в зависимости от времени приложения напряжения давало бы кривую *A*, то К. при приложении умеренного испытательного напряжения *a* был бы пробит. Если дефект менее интенсивен, так что он дает характеристику «напряжение—время» в виде кривой *B*, то испытательное напряжение *a* не обнаружит его в *y* времени, испытательное же напряжение *b* исключило бы его моментально. На кривой *C* показана характеристика другого возможного



Фиг. 29.

повреждения. Кабель без дефектов может иметь характеристику *E* или *D*; первая, несомненно, предпочтительнее, а поэтому лучшие кабели должны иметь возможно более плоскую характеристику «напряжение—время». Понятно, что испытания эти требуют значительного расхода испытываемого К. и могут производиться лишь как типовые.

За последнее время обращено внимание на появление внутреннего вакуума в К. как на причину пробоев, в особенности в длинных линиях. В. Дельмар [72] указывает, что вследствие примерно в 10 раз большего коэф. теплового расширения у пропиточной массы по сравнению с металлами К. при изменениях  $t^\circ$  с  $20^\circ$  до  $0^\circ$  объем пропиточной массы сократится на ~2,5%, т. е. при 400 фт. длины К. ок. 10 фт. д. б. полностью освобождены от массы. Это обстоятельство влечет за собой образование в К. внутреннего вакуума; отсюда — возникновение ионизации и сокращение срока службы. В этом направлении имеется в настоящее время ряд интересных работ, например В. Н. Элли [76], Т. Ф. Петерсена [71], А. Смурова и Л. Машкиллесона [19, 78] и др. На основе понятия о внутреннем вакууме получило распространение муфты с консерваторами, принимающие в себя масло при нагреве К. и отдающие его обратно во время охлаждения. Имеются даже примеры повышения рабочего напряжения проложенных линий путем введения консерваторов. Успех К. сист. Пирелли в значительной степени основан на устранении возможности появления внутреннего вакуума. Это же явление объясняет причину появления большинства пробоев в зимнее время и в ранние утренние часы, когда нагрузка бывает очень небольшой.

Америк. стремления получить К. с наименьшими потерями и устранить наиболее подверженную разложению при  $t^\circ 80-120^\circ$  составную часть пропиточной массы—гарпунс—повели к выяснению еще одной, ранее неизвестной причины пробоев, а именно образования так наз. воска X [98, 72]. Оказалось, что при отсутствии гарпунса пропиточная масса довольно легко образует более плотное вещество—воск X, которое, будучи хорошим диэлектриком, дает однако повод к образованию пустот и ведет к пробоям К. Воск X образуется гл. обр. в присутствии

сильного электрич. поля; массы с примесью канифоли менее склонны к его образованию. См. *Мудры кабелизные, Электрические изобретения.*

*Лит.*: 1) Войнаровский П. Д., Теория электрич. кабелей, СПб, 1812 (устарело); 2) Брик Г., Провода и кабели, Берлин, 1923; 3) Алексеевичи Сербин М. М., Технология электропроводов и кабелей, М., 1928; 4) Вагнер С., Das elektrische Kabel, 2 Aufl., В., 1910; 5) Вайсберг С., Insulated Electric Cables, 1—Materials, Designs, L., 1926; 6) Delmar W. A., Electric Cables, Their Design, Manufacture, Use, N. Y., 1924; 7) Ruhling T. C., Underground Systems for Electric Light & Power, N. Y., 1927; 8) Meyer E. B., Underground Transmission & Distribution for Electric Light & Power, N. Y., 1916; 9) Stobbe G. W., Underground Cable Systems, L., 1929; 10) Wächter M., Die Fabrikation d. ummühdrahte u. Kabel, В., 1911; 11) Mathias A. B., Des essais des fils et cables isolés au caoutchouc, P., 1923; 12) Атри К., Isolierte Leitungen u. Kabel, 3 Aufl., В., 1928; 13) Ludwig P., Auskunfts-buch f. Kabeltechnik, T. 1, Lpz., 1925; 14) Klein H. M., Kabeltechnik. Die Theorie, Berechnung und Herstellung d. elektrischen Kabels, Berlin, 1928; 15) Ивовал С. А., Современное развитие подземных кабельных сетей, «Электростроение», М.—Л., 1924, стр. 14; 16) Брагин С. М., 35-киловольтный трехфазный кабель для Ленинграда, там же, 1925, I, стр. 13; 17) е го же, К расчету трехфазного электрич. кабеля, там же, 6, стр. 288; 18) е го же, Тепловой расчет кабелей сильного тока, там же, 1927, 4, стр. 120; 19) Смулов А. А. и Машкилевсон Л. Е., Исследование влияния внутреннего вакуума и конденсации на срок службы изоляционных слоев высоковольтных кабелей, там же, 1928, 4; 20) Лебедев В. Д., К расчету трехфазного кабеля, там же, 1926, 2, стр. 90; 21) е го же, О величине допустимых потерь в диэлектрике кабеля, там же, 1926, 11, стр. 465—478; 22) Горшков П. Н., К вопросу о надежности высоковольтных кабелей в эксплуатации, там же, 1928, 17—18, стр. 378; 23) е го же, Современное состояние техники кабелей в эксплуатации, там же, 1929, 11—12; 24) Лиандер Р. Р. Кабельное производство за десятилетие после революции, там же, 1927, 11, стр. 401; 25) Чернышев А. А., Явления, наблюдающиеся в 35-киловольтном кабеле южной к Ленинграда, там же, 1928, 4; 26) Соколовский Н. М., К вопросу о стандартизации трехфазных кабелей, там же, 4, стр. 210; 27) Julius P., «ETZ», 1928, H. 2, p. 58; 28) Julius P., ibid., H. 16, p. 604; 29) Fischer H. W., «Electrical World», N. Y., 1926, v. 87, p. 495; 30) Müller H., «ETZ», 1926, H. 6—9, p. 145; 31) Müller H., ibid., H. 51, p. 1608; 32) Müller H., ibid., 1927, H. 12, p. 388; 33) Dunseath P. A., Tunstall H. A., «JAIEE», 1928, v. 66, p. 280; 34) Ludin A., «ETZ», 1926, H. 39, p. 1143; 35) Silbermann S., ibid., H. 45, p. 1338; 36) H. m., ibid., 1927, H. 8, p. 243; 37) Kirsch P., «AG Mitteilungen», 1926, H. 3; 38) Watterberg L. G., «ETZ», 1922, H. 32; 39) Meurer E., «JAIEE», 1927, v. 65, p. 489; 40) Konstantinowsky, «Rum», 1927, H. 52, p. 681; 41) Fuchs A., «Z. d. VDI», 1927, V. 71, 29, p. 1014; 42) Iochio P., Emanuele L., Clark W. S., Kehoe H. N., Schawc. H., Noe J. B., A. Roper D., W., «JAIEE», 1928, p. 118; 43) A. K. Johnson R. W., «Proc. A. I. E. E.», 1919, v. 38, p. 816; 44) Middleton W. L., Dawes C. and G. V., «Electrical World», N. Y., 1927; 45) Deutscher W., «ETZ», 1911, p. 1175; 46) Feltre F., Insulating Materials, «BEAMA», L., 1920, p. 224; 47) Hoover P. L., «JAIEE», 1926, p. 824, 1927, p. 70; 48) Donald M. Simons, ibid., 1923, p. 525; 49) Teichmüller J., «ETZ», 1904, p. 933, 1907, p. 500; 50) Delacour R. et Russell L., «RGE», 1927, I, 21, p. 943; 51) Feldmann C., «ETZ», 1926, H. 51; 52) Fock V., «Archiv f. Elektrotechnik», 1926, B. 16, p. 32; 53) Fock V., «E. G. G.», H. 5, p. 136; 54) Fock V., «ETZ», 1924, H. 50, p. 1268; 55) Fock V., ibid., 1927, H. 24, p. 841; 56) Wiseman R. S., «JAIEE», 1923, v. 62, p. 165; 57) Hirschfeld C. F., Meyer A. A., Connell L. H., «Electr. Worlds», N. Y., 1927, v. 90, p. 987; 58) Delmar W. A., Davidson W. F., Marvin R. H., «JAIEE», 1927, p. 1002; 59) Delmar W. A., Hansen C. F., ibidem, 1924, p. 950; 60) Deutsche I., «Archiv f. Elektrotechnik», В., 1925, v. 15, p. 139; 61) Reichard J. B., «Electrical World», 1926, v. 87, I, 2; 62) Steinmetz Ch. P., «JAIEE», 1924, p. 824; 63) Gilson E. G., «Electrical World», 1928, v. 87, p. 297; 64) Emanuel J. L., ibid., 1927, v. 90, p. 601; 65) Whitehead J. B., «Electrical World», 1926, p. 939; 66) Whitehead J. B., ibid., 1926, p. 1225; 67) White-

head J. B., Konwenhoven W. B. and Hamburger F., ibid., 1928, p. 565; 68) David E. W., A. Eddy W. N., ibid., 1929, p. 52; 69) Farmer F. M., ibid., 1926, p. 454; 70) Roper D. W., Halperin H., ibid., p. 505, 1157; 71) Riley T. N., «Electrical World», N. Y., 1928, v. 91, p. 137; 72) Delmar W. A., «JAIEE», 1926, p. 627, 1009; 73) Smoagor G., «Electrical World», N. Y., 1928, v. 90; 74) Peteresen T. F., «Electrical World», N. Y., 1927, v. 90, 17; 75) Eddy W. N., ibid., 1928, v. 91, p. 701; 76) Riley T. N., Scott T. R., «JAIEE», 1928, v. 66, p. 805; 77) Höchstädter M., «ETZ», 1910, H. 19—22; 78) Höchstädter M., ibid., 1922, H. 17; 79) Staveren J. C., ibid., 1924, H. 8—9; 80) Beinham H. W., ibid., H. 12, p. 225; 81) Pinner V., «Eum», 1928, H. 38, p. 936; 82) Dawes Ch. A., Hoover P., «JAIEE», 1926, p. 336; 83) Long R. J., A. Hooke K. G., «Electrical World», 1927, v. 90, p. 57; 84) Replige D. E., A. Burckholder T. M., ibid., 1926, v. 88, p. 845; 85) Carson C. L., «JAIEE», 1927, p. 963, 1005; 86) Bornmann E., Sells J., «ETZ», 1925, H. 4, p. 114; 87) Bornmann E., Sells J., ibid., 1928, H. 7, p. 239; 88) Clark W. S., A. S. and L. G., «Transactions of the Amer. Institute of Electr. Eng.», N. Y., 1917, v. 38, p. 465; 89) Semm A., «Archiv f. Elektrotechnik», В., 1920, B. 9, p. 30; 90) Meurer H., «Prospect (фирмы) Felten u. Guilleaume», 6 Vorträge, hrsg. v. Elektr. Verein d. Rheinisch-Westfälischen Industriebezirks, 1926, p. 47; 91) Vogel W., «Ztschr. f. techn. Phys.», Lpz., 1927, 11; 92) Karlsruher-Rundschau, Köln—Mühlhausen, 1927, 2; 93) Dawes C. H., Reichard H. H. and Humphries P. H., «JAIEE», 1929, I, p. 3; 94) V. H., «Eum», 1925, H. 25, p. 491; 95) Felt, «ETZ», 1925, H. 45, p. 1700.

#### Кабель связи.

Классификация и конструкция К. связи. К. связи, служащие для передачи телеграфных знаков или человеческой речи при помощи электрич. энергии из одного пункта в другой, делаются на две основные группы: а) телефонные и б) телеграфные. Электрич. энергия телефонного разговора передается по двум проводам (по паре жил); поэтому конструкция телефонных К.—парная. Электрич. энергия телеграфной работы передается по одному проводу, другим проводом служит земля; поэтому конструкция сетей телеграфных—одножильная. В табл. 4 указаны главнейшие виды К. связи.

Телефонные кабели и городских сетей. Применяющиеся в СССР городские телефонные К. имеют следующую конструкцию. Каждая жила К. состоит из медной проволоки, изолированной бумажной полоской так, чтобы между проволокой и бумагой образовался воздушный промежуток. Поверх бумажной изоляции накладывается редкой обмоткой кл.-бум. пряжа для предупреждения раскручивания изоляции. Две изолированные жилы скручиваются вместе, в пару с шагом крутки не более 250 мм. Обе жилы одной и той же пары должны отличаться одна от другой цветом изолирующей бумаги, причем одна жила должна иметь цвет натуральной бумаги, а другая—красный. Для возможности отделения пар одна от другой, каждая скрученная пара имеет сверху наложенную редкой обмоткой хлопчатобум. нитку. Все пары д. б. скручены в К. так, чтобы в каждом повиве была одна счетная пара, в к-рой изоляция одной жилы имеет синий цвет, вместо красного. Направления скрутки отдельных повивов К. должны идти в противоположные стороны. Поверх каждого повива накладывается редкой обмоткой кл.-бум. нитка, чтобы можно было разделить отдельные повивы при разделке концов кабеля. К. на 50 пар должны



Табл. 4.—Классификация кабелей связи.

Группа	Наименование	Диам. жилы в мм	Способ изоляции	Система скрутки	Колич. связей	Внешние оболочки	Род прокладки
Телефонные	Городские	0,5*	Воздушно-бумажная	Парная	5—1 200	Освинцованные или освинцованные и бронированные	Воздушная; подземная; подводная
		0,7*					
	Междугородные	0,9	Кордельно-бумажн. или воздушно-бумажная	D. M.; звезда; двойн. звезда	2—700	Освинцованные; бронированные	То же
		1,3					
Станционные	1,4	Волокнистая	Пучки в 2, 3, 4 жилы	5—100	Освинцованные или покрытые станиоловой лентой	В помещении	
	1,5						
Телеграфные	Распределительные	0,5—0,7	»	Парная	5—20	Освинцованные	»
	Трансатлант.	—	Гуттаперчевая	—	—	Двойная броня	Подводная
	Междугородные	—	Бумагин. непропитанная, бумажная пропитанная, воздушно-бумажная, кордельно-бумажная	Концентрич.	—	Броня	
	Городские	—	»		—	—	»
Телефоно-телеграфные	Междугородные	0,9	Воздушно-бумажная, кордельно-бумажная	D. M.; звезда	2—700	Освинцованные; бронированные	Воздушная; подземная; подводная; подземная
		1,3					
		1,4					
		1,5					

\* Размеры, употребительные в СССР; в большинстве других стран приняты большие диам. (0,7; 0,8; 0,9 мм).

иметь одну запасную пару, а на 100 пар и выше—1% запасных пар. Скрученные К. обматывают миткалевой лентой (в zahraniчной практике употребляют ленту из кабельной бумаги) с перекресткой не менее 5 мм. Подушка у бронированных К. между свинцом и броней делается из джута толщиной 1,5, 2 и 2,5 мм. Точно такой же слой навивается поверх брони. Оба слоя джута пропитаны компаундом. У телефонных воздушных К. свинцовая оболочка д. б. покрыта обмоткой из 2 миткалевых лент, толщиной каждая 0,25—0,30 мм, с перекресткой 5—10 мм на сторону. Миткалевые ленты д. б. пропитаны массой, не влияющей на свинец и предохраняющей его от воздействия вредных газов, могущих быть в воздухе.

Телефонные К. для дальней телефонной связи применяются трех конструкций в отношении скруток проводящих жил: 1) скрутка в четверку по системе Дизельгрост-Мартина (D. M.); 2) скрутка в четверку звездочкой и 3) скрутка двойной звездой. Простой расчет показывает, что К. звездочкой выгоден для городских и уездных сетей и невыгоден для дальних связей, а К. сист. D. M., наоборот, выгоден для дальних связей. Обозначим через  $f$  площадь сечения четверки,  $Q_1$ —площадь сечения К. сист. D. M.,  $Q_2$ —площадь сечения К. звездочкой,  $n$ —число четверок в К. Из практики известно, что площадь сечения четверки звездочкой  $= 0,75 f_{D.M.}$ . Кроме того известно, что для осуществления  $3n$  разговоров по К. сист. D. M. требуется  $n$  четверок, а по К. звездочкой—1,5  $n$  четверок; тогда

$$Q_2 = 0,75 \cdot f_{D.M.} \cdot n \cdot 1,5. \quad (15)$$

Но

$$f_{D.M.} \cdot n = Q_1;$$

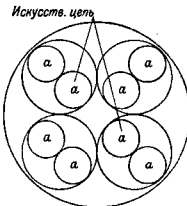
подставляя в ф-лу (15), получим  $Q_2 = 1,12 Q_1$ . Отсюда видно, что при использовании в четверке искусственной цепи в длинных связях

выгоднее кабель системы D. M. Если работать на короткое расстояние, где искусственные цепи не используются, то выгоден кабель звездочкой, ибо тогда  $Q_2 = 0,75 Q_1$ . В последнее время в Германии появился новый тип К. для междугородной связи—К. с круткой двойной звездой или, кратко, D. St.-кабель. Расположение жил восьмеркой и расположение жил искусственной цепи этого кабеля показано на фиг. 30. В табл. 5 приведено сравнение между кабелями систем D. M. и D. St.

Из табл. 5 видно, что кабель системы D. St. экономичнее системы D. M. Недостатком этого К. является слишком большое число проводов в группе, а потому в малонапряж. К. крутка D. St. неприменима.

В К. дальней телефонной связи необходимо обратить особое внимание на изолировку жил бумагой, ибо это обуславливает равномерность емкости различных жил.

Существуют три способа изолировки: 1) общий слой бумаги наложен продольно, как у К. для городских сетей; поверх продольного слоя жила покрывается еще спиральным слоем бумаги, 2) два спирально слабо навитых слоя; 3) по медной жиле навивается кордель (бумажный жгут), с шагом 5—7 мм; поверх корделя навивается спиральный слой бумажной ленты (кордельно-бумажная изоляция). За последнее время все больше завоевывает место третий способ изолировки телефонных жил междугородного кабеля. Кордель представляет собою бумажную крученную нитку, изготовляется из кабельной бумаги и бывает нескольких сор-



Фиг. 30.

Табл. 5.—Сравнение между кабелями систем D. St. и D. M.

Название кабеля	В свивочных сердечниках		В слоях		Ø кабеля под свивочном в мм		Толщина свивочной оболочки в мм		Вес меди в кг/км		Вес свинца в кг/км		Вес брони в кг/км		Экономия в сист. D. St. в %, отнесенная к соответств. норм. К. сист. D. M.			
	Ø жил в мм	число пар	Ø жил в мм	число пар	Ø жил в мм	число пар	Ø жил в мм	число пар	Ø жил в мм	число пар	Ø жил в мм	число пар	Ø жил в мм	число пар	Ø кабеля	медь	свинец	броня
D. M. нормальный кабель А . . . . .	0,9	2	1,4; 0,9	40; 56	47,6	3,0	1 755	5 437	$\frac{60 \times 0,8}{2 083}$									
D. St. кабель А . . . . .	0,9	2	0,9	96	42	2,8	1 111	4 493	$\frac{60 \times 0,8}{1 872}$	11,6	36,7	17,36	10,12					
D. M. нормальный кабель В . . . . .	0,9	2	1,4; 0,9	40; 124	58,5	3,2	2 525	7 071	$\frac{60 \times 0,1}{3 119}$									
D. St. кабель В . . . . .	0,9	2	0,9	168	55	3,1	1 928	6 450	$\frac{60 \times 0,1}{2 956}$	6,0	23,7	8,8	5,2					

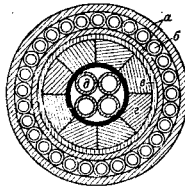
тов: скрученный из одной, двух и более ниток. Предпочтение отдается многониточному, так как он очень упруг и при изолировании жил бумагой не изменяет своей формы. Преимущество кордельно-бумажной изоляции следующие: 1) жила, изолированная таким способом, имеет по всей длине цилиндрическую форму, 2) при скрутке пара она не теряет своей формы, 3) скрученные пары с кордельно-бумажной изоляцией имеют очень равномерные емкости, поэтому асимметрия в таких кабелях мала, 4) К. с такого рода изоляцией поддаются точному математическому расчету, по заданным электрич. величинам.

За редкими исключениями междугородные кабельные линии выполняются в форме так наз. пупинизированных К. Пупинизация (см.), получившая свое название по имени проф. Пупина, состоит в том, что через известные промежутки в К. включают катушки самоиндукции, имеющие назначение повысить самоиндукцию линии и тем компенсировать вредное влияние емкости. Введение усилительных станций за последнее время позволило значительно уменьшить диаметр проводящей жилы и тем самым снизить стоимость междугородных линий. Другим не менее употребительным способом увеличения самоиндукции линии является способ датского инженера Крапуна, заключающийся в обмотке медной жилы тонкими проволоками из магнитных материалов. Крапуновские кабели почти исключительно применяются для подводных линий; изоляция обычно гуттаперчевая, но часто применяется воздушно-бумажная.

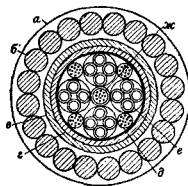
В настоящее время техника производства телефонных К. дальнего действия настолько продвинулась вперед, что можно уже говорить о связи Европы и Америки. Предполагаемая конструкция такого подводного К. показана на фиг. 31. Здесь а—джут, б—33 стальные проволоки Ø 2,5 мм, в—свинцовая оболочка, г—8 фасонных проволок, д—медная жила Ø 3,3 мм с кордельно-бумажной изоляцией. Четыре жилы скручены в четверку звездой, Ø четверки—14,7 мм, Ø четверки поверх фасонных проволок—25 мм, вес 1 м К.—4,35 кг. На фиг. 32 показан крапуновский подводный К., проложенный между Англией и Голландией. Здесь

а—джут, б—стальная проволока, в—джут, г—свинцовая оболочка, д—холостые жилы из бумажных жгутов, е—телефонная четверка, ж—внутренняя жила для телеграфной работы тональной частотой.

Телефонные станционные и распределительные К. делаются в 15—200 жил из луженой медной проволоки. Ø жилы  $d = 0,5$  мм. Жила обматывается двумя слоями шелка, причем толщина обмотки не меньше 0,08 мм. Верхняя обмотка делается цветная. Жилы изолированные т. о. свивают в пару,



Фиг. 31.



Фиг. 32.

пары свивают в пучки (расчетка жил в пучках—по требованию заказчика), пучки—в К. с шагом повива не больше 20 диаметров К. Затем К. обматывают провоночной миткалевой лентой и оцинцовывают. Толщина свинцовой оболочки—1 мм, примесь олова—3%. Иногда такие К. не оцинцовывают, а покрывают станиоловой лентой. Конструкция таких К. следующая. Скрученные в К. пучки обматываются миткалевой лентой, по миткалю идет слой кабельной бумаги по винтовой линии, по бумаге К. обматывается станиоловой лентой с перекрытием 5—7 мм. Ширина ленты колеблется от 15 до 30 мм и толщина от 0,1 до 0,15 мм. На станиолу накладывают слой кабельной бумаги и затем оплетают хл.-бум. пряжей, пропитанной негигроскопич. составом. Телефонные распределительные К. изготавливаются с 1, 5, 10, 15, 20 парами. Жилы—из медной луженой проволоки диам. 0,5 или 0,7 мм. Изоляция жилы—из двух обмоток хл.-бум. пряжи, навитых в противоположном направлении и пропитанных изолирующим составом. Весь пучок кабельных жил обматывается лентой из бумажной пряжи, пропитанной изолирующим составом, затем оцинцовывается.

Телеграфные К. с бумажной изоляцией и строят с следующим количеством жил: 1, 2, 3, 7, 12, 19 и 27. Жила состоит из одной проволоки диам. 2 мм или крутится из 7 проволок диам.  $d_n = 0,51$  мм, диам. жилы  $d_n = 1,5$  мм (допуск для  $d_n$  равен  $\pm 2\%$ ). Жила изолируется несколькими слоями кабельной бумаги. Толщина изолированной жилы—3,5 мм ( $\pm 2\%$ ). Бумага, по желанию заказчика, м. б. пропитана изолирующими составами. Телеграфные жилы, скрученные в К., покрываются миткалем, затем свицовой оболочкой и броней. Броня в зависимости от диаметра К. бывает из круглой или из сегментной проволоки. Подводные телеграфные К. покрываются обыкновенно двумя бронями в следующем порядке: свицовая оболочка, джутовая подушка, первая броня, джутовая подушка, вторая броня. Последняя броня—из железных оцинкованных проволок диам. примерно 6 мм.

#### Материалы для производства кабеля связи.

1) Проводящая жила изготавливается из медной луженой и нелуженой проволоки; проводимость меди  $\geq 98\%$ ; удлинение при разрыве  $\geq 20\%$ .

2) Телефонная кабельная бумага, служащая для изоляции жил, д. б. однородной, одинаковой плотности, состоящая из длинных волокон и не содержать металлических частиц, а также других вредных веществ. Лента такой бумаги длиной 150 мм и шириной 5 мм при подвешенном грузе 0,7 кг должна выдерживать 10 скручиваний на  $180^\circ$  в одном и том же направлении. Если ширина полоски больше 5 мм, то бумага должна выдерживать те же 10 скручиваний с пропорциональным увеличением длины и веса подвешенного груза.

3) Свицовая оболочка для голых оцинкованных К. делается из технически чистого свинца с присадкой 3% олова. Испытание на прочность свицовой оболочки производится посредством осторожной насадки куска оболочки длиной 150 мм на деревянный конус с отношением основания к высоте около 5; вколачивая конус в оболочку растягивают ее до увеличения диам. в 1,3 раза, причем оболочка не должна давать трещин и разрывов.

4) Смолы и пропиточные массы, к-рыми пропитывают верхние защитные оболочки К., нанесенные поверх свинца, должны иметь нейтральную реакцию и не действовать химически на свинец и на железную броню кабеля.

5) Броня. Железная лента для брони д. б. из мягкого черного железа, без наружных изъянов, раковин, ржавчины и т. п.; разрывное усилие—около 38 кг/мм<sup>2</sup>; железная проволока для проволочной брони как круглая, так и плоская должна иметь временное сопротивление на разрыв от 37 кг/мм<sup>2</sup> и выше и должна быть покрыта сплошным слоем Zn, выдерживающим два погружения в 20%-ный по весу водный раствор  $\text{CuSO}_4$ .

6) Волокнистая изоляция. а) Шелковая пряжа. В кабельном производстве употребляется естественный шелк, т. н. т р а м, следующих «дене»: 11/13; 17/19; 28/30 (дене—весовая единица); шелк обозначается всегда двумя цифрами, в виду неравномерности по длине шелковой нити; если указано напр. 8/10, то это значит, что в мотке шелка длиной 500 м м. б. и 8 и 10 дене. б) Хлопчатобумажная пряжа употребляется в кабельном производстве следующих номеров: от № 1 до № 24—т. н. ровных номеров, от № 26 до № 50—средних, и выше—тонких номеров. На кабельные заводы пряжа поступает одноститная в початках, а крученая в мотках и в бобинах. Прежде чем поступить на обмоточные машины, пряжа «тростится». Тросткой называют операцию, когда две или более нити надеваются на одну катушку в виде ленты. Делается это для того, чтобы ускорить процесс изолировки проводов. в) Кордель—крученая из кабельной бумаги нитка. Кордель крутится из 1, 2, 3 и 4 виток; предпочтение дается многовиточному корделю, т. к. он очень упруг и при изоляции жилы не деформируется. Кордель бывает диам. от 0,4 до 0,5 мм.

Расчет К. связи и главные технические условия на них. При изготовлении телефонных городских и телеграфных кабелей наблюдают гл. обр. за тем, чтобы их емкость не превысила нек-рых определенных значений и сопротивление изоляции имело соответствующую величину. Табл. 6 дает пред-

Табл. 6.—Электрические величины для некоторых кабелей (на 1 км длины).

Наименование	Диаметр жилы в мм	Сопротивление жилы в Ом	Сопротивление изоляции в Ом	Емкость в мкФ		
				1 жилы	пары	четырёх
Телефонный городской	0,5	39,5	1 000	0,05—0,06	—	—
Междугородный						
Д. М. . . . .	0,9	57,8	5 000	—	0,034	0,054
То же . . . . .	1,5	20,8	5 000	—	0,036	0,058
То же звездой . . . . .	0,8	73,2	5 000	—	0,037	—
Стационарный оцинкованный	0,5	89,5	100	—	—	—
Стационарный сталевожелезный	0,5	89,5	15	—	—	—
Телеграфный гуттаперчевый . . . . .	7×0,75	5	520	0,23	—	—
То же . . . . .	7×0,66	7	500	0,24	—	—
То же, бумага не пропитанная . . . . .	2	5,6	1 000	0,2	—	—
То же, бумага пропитанная . . . . .	2	5,6	220	0,22	—	—

ставление об этих величинах. Для междугородных К. кроме вышеприведенных величин требуется еще соблюдение двух важнейших условий: 1) симметричность расположения элементов К.—пар в четверке и четверок в К. и 2) равномерность изоляции жил. При невыполнении этих условий являются емкостные влияния (связи), т. е. разговор по одной телефонной сети будет слышен на соседних сетях (подслушивание). Кроме емкостных влияний в подслушивании играют большую роль магнитные влияния. В производстве борьба с этими явлениями ведется двумя путями. Магнитные

Табл. 7.—Зависимость между числом пар в кабеле и числом пар по повивам.

Число пар в К.	Коэф. диаметра	Число пар в центре	Номера повива по порядку																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	1,60	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	3,60	3	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	8,155	3	9	16	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	11,60	2	7	13	19	26	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	14,155	3	9	15	21	27	34	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	16,414	4	10	16	23	28	34	40	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	20,155	3	9	14	20	26	32	38	46	52	60	—	—	—	—	—	—	—	—
400	23,00	1	6	12	18	24	30	36	42	48	54	61	68	—	—	—	—	—	—
500	25,6	2	8	14	20	26	32	38	44	50	56	63	70	77	—	—	—	—	—
600	28,155	3	9	16	22	29	34	40	46	52	58	64	70	76	81	—	—	—	—
800	32,7	5	11	17	23	29	35	41	47	53	59	65	71	77	83	89	95	—	—
1000	36,414	4	10	16	22	28	34	40	46	52	58	64	70	77	83	89	96	103	110

влияния сводят до минимума подбором шагов крутки, от которого зависит также длина пары, а следовательно и омическое сопротивление. Омостные влияния стараются уменьшить до нек-рой минимальной величины путем подбора идущих на фабричную жилы, материалов в смысле их равномерности. При расчете геометр. размеров междугородного кабеля по электр. заданиям пользуются ф-лой Льюэна:

$$C = \frac{\epsilon}{36 \ln \frac{D}{d}} \mu\text{F}/\text{км.}$$

Здесь  $C$ —емкость пары или четверки;  $\epsilon$ —диэлектрич. постоянная, для К. данного типа равная 1,5;  $D$ —средний диам. группы проводов (пары или четверки);  $d$ —диаметр провода (жила);  $\alpha$ —коэф-т скрутки, равный для пары —0,94, для четверки звездочкой —0,75, для четверки сист. D. M.—0,65.

Расчет геометр. размеров телефонного К. для городских сетей ведется по заданной техническими условиями емкости пары. Обозначим через  $D_{н/с}$  диаметр кабеля под свинцом,  $p$ —диаметр изолированной пары,  $l$ —число слоев в кабеле,  $xr$ —диаметр пар, расположенных в центре. Так как каждый слой увеличивает диаметр кабеля на  $p$ , то имеет место соотношение:

$$D_{н/с} = l \cdot 2p + xr = p(2l + x); \quad (16)$$

при разных числах пар в центре  $x$  имеет следующие значения:

Число пар в центре	1	2	3	4	5	6
Значение для $x$ . . .	1,0	2,0	2,155	2,414	2,7	3

На основании этих цифр и практич. данных составлена табл. 7; она показывает зависимость между числом пар в К. и числом пар по повивам—так наз. коэф. диаметра или иначе— $(2l + x)$ . Табл. 7 позволяет вычислить  $D_{н/с}$  в зависимости от  $p$ . Обозначим через  $d$ —диам. голой проволоки,  $b = \frac{p}{\sqrt{2}}$ —диам.,

эквивалентный диаметру изолированной жилы,  $n$ —число пар в К.,  $\alpha$ —коэф. диаметра; обыкновенно дано  $d$ ,  $n$ , и  $C$ . Пара изолированных жил представляет собою два параллельно лежащие цилиндра радиусов  $r_1$  и  $r_2$ , лежащих на расстоянии  $a$  друг от друга;

емкость двух таких цилиндров длиной 1 км определяется так:

$$C = \frac{\epsilon}{4,6 \lg \frac{a^2}{r_1 \cdot r_2}} \cdot \frac{10^8}{9 \cdot 10^9} \mu\text{F}/\text{км.};$$

обычно  $r_1 = r_2$ , следовательно

$$C = \frac{0,02416 \cdot \epsilon'}{\lg \frac{a^2}{r^2}} \mu\text{F}/\text{км.}$$

Здесь  $\epsilon'$ —диэлектрич. постоянная для воздушно-бумажной изоляции, равная 1,7—1,9. Величина  $a$  фактически меняется по длине, и в расчет принимается величина  $b$ , равная

Табл. 8.—Значение коэффициента  $\epsilon x$ .

$\phi$ жилы в мм	Число пар в кабеле										
	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0,4	2,50	2,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,5	—	—	2,40	2,40	2,40	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,45
0,6	—	—	2,15	2,20	2,30	2,40	2,50	2,50	—	—	—
0,7	2,06	2,06	2,06	2,06	2,15	2,20	—	—	—	—	—
0,8	2,09	2,09	2,15	2,20	—	—	—	—	—	—	—
1,0	2,06	2,00	2,08	—	—	—	—	—	—	—	—
1,27	2,03	2,00	2,10	—	—	—	—	—	—	—	—
1,676	2,00	2,00	2,17	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	2,0	2,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,46	2,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,34	2,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

эквивалентному диаметру жилы; тогда последняя формула выразится так:

$$C = \frac{0,02416 \cdot \epsilon'}{\lg \frac{b^2}{r^2}} \mu\text{F}/\text{км.}$$

В действительности здесь величина  $\epsilon'$  меняется в небольших пределах: 1) с величиной диам. жил и 2) с количеством пар в К.; обозначим ее  $\epsilon x$ . Тогда ф-ла для емкости примет вид:

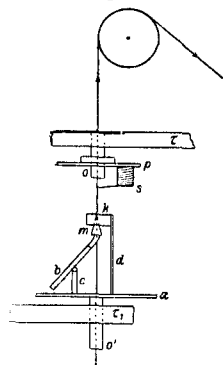
$$C = \frac{0,01208 \cdot \epsilon x}{\lg \frac{b}{r}} \mu\text{F}/\text{км.} \quad (17)$$

Величина  $\epsilon x$  определяется из существующих конструкций и дается табл. 8.

Таким образом мы имеем все элементы для расчета.

Производство кабеля связи. Машины и аппараты для производства телефонного городского К. На фиг. 33 представлена машина для наложения продольной воздушно-бумажной изоляции. Две

траверсы  $t$  и  $t'$ , укреплены на станке машины. Через них проходят две трубки  $o$  и  $o'$ , на к-рых надеты диски  $a$  и  $p$ . Диск  $a$  неподвижен, а диск  $p$  вращается на трубке  $o$ , получая движение от главного вала машины; на диск  $p$  надевается катушка, или бобина,  $s$  с пряжей. На диске  $a$  имеется стойка  $c$ , на которой укреплен ролик  $b$  с бумажной лентой.



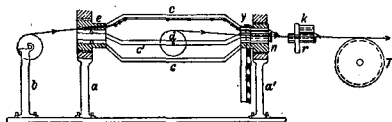
Фиг. 33.

На этом же диске имеется стойка  $d$ ; к ней укреплен зажим  $k$ , в котором укреплен формирующий бумагу калибр  $m$ . Устройство этого калибра таково, что он свертывает бумагу трубкой, охватывая

ею медную жилу. В сечении получается примерно треугольник, к-рый показан на фиг. 34, где  $a$ —медная жила и  $b$ —бумажная изоляция. Над трубками  $o$  и  $o'$  имеется тяговая шайба, получающая движение от главного вала машины. Строятся такие машины на 6—10 концов в одной станции. Принцип работы следующий. Проволока тянется тяговой шайбой и проходит через трубки  $o$  и  $o'$ ; по выходе из трубки  $o'$  проволока входит в калибр  $m$ ; в то же время входит в него и бумажная лента с ролика  $b$ . Чтобы закрепить продольно наложенную изоляцию, ее обматывают хл.-бум. ниткой, пропуская через трубку  $o$ , на к-рую надет диск ниткообмотчика, и пряжа с бобины  $s$  с шагом 15—20 мм обвивает жилу. Изолированные жилы скручивают в разговорную пару на машинах, показанных на фиг. 35. Две стойки  $a$  и  $a'$  имеют наверху по подшипнику, в к-рых вращается клетка, состоящая из дуг  $c$ ,  $e$  и двух полых цапф. На эти цапфы свободно подвешена люлька  $c'$ , имеющая в середине ось  $d$ , на к-рую надевается барабан с изолированной жилой.



Фиг. 34.

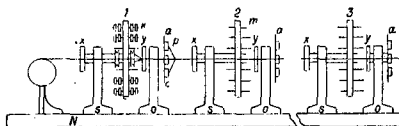


Фиг. 35.

Другой барабан с изолированной жилой помещается на стойку  $b$ , где он может свободно вращаться на оси. Жила с этого барабана протягивается через трубку  $e$ . Далее жила направляется по одной из дуг  $c$ ,  $e$  к правому полному шкиву и выходит через него к крутильной головке  $n$ . Жила с барабана, висящего на оси  $d$ , направляется через правый шкив тоже к головке  $n$ . Т. к. головка вращается, а жилы имеют поступательное

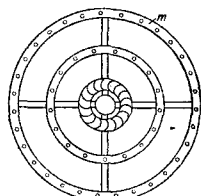
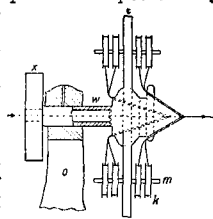
движение благодаря тяговой шайбе, то они скручиваются с известным шагом в пару. Шаг скрутки можно менять посредством скорости хода тяговой шайбы  $T$ . По выходе из крутильной головки и скрученная пара проходит розетку  $k$ , и пары скрепляются ниткой. Движение машина получает через шкив  $y$ , крутильная головка получает вращение от валика  $r$ . Такие машины фирмы Hasse и Co. (в Германии) при барабанах в 250 мм в диам. и 120 мм ширины за 8 ч. производят около 20 000 м.

Машины для скрутки пар в К. строятся двух систем: с откруткой и без открутки.



Фиг. 36.

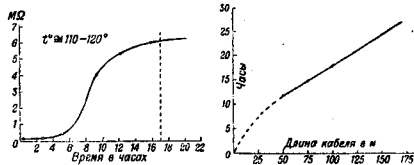
Машины с откруткой употребляются в большинстве случаев для крутки телефонных К. с большим сечением жил, типа междугородных К., причем самые машины делаются более тяжелого типа. Машины без открутки, более легкого типа, употребляются для крутки телефонных К. для городских сетей. Схема такой машины показана на фиг. 36. Здесь  $N$  фундаментальная рама, на которой устанавливается любое число стоек  $o$ ,  $o$  и  $s$ ,  $s$ . Первые стойки служат опорой для вращающихся дисков  $a$ ,  $a$ , а вторые—для колец 1, 2, 3. Как кольца, так и диски получают вращение от шкивов  $x$ ,  $x$  и  $y$ ,  $y$ , приводимых в движение при помощи ременной приводом, идущим вдоль фундаментальной рамы. Кольца 1, 2, 3 имеют устройство, показанное на фиг. 37. Через стойку  $o$  проходит трубчатая ось  $w$ , на к-рую с одной стороны надет шкив  $x$ , а с другой кольцо  $i$ . Кольцо  $i$  состоит из двух концентрич. железных колец из полосового железа, соединенных как показано на чертеже, и насажено наглухо на ось  $w$ . У оси  $w$  с обеих сторон кольца имеются желобчатые распределители пар. По окружности железн. колец имеются шпильки  $m$ , которые проходят по обе стороны кольца. На эти шпильки надеваются ролики  $k$  с парами. Пары жил с роликом проходят через желобчатые распределители к геометрической оси колец. Здесь при вращении кольца все пары скручиваются в К. Сквозь полую ось  $w$  идет одна или несколько пар, которые служат сердечни-



Фиг. 37.

ком кабеля. После каждого кольца установлены стойки *o* (фиг. 36) с дисками *a*, на дисках *a* расположены катушки *p* с пражей. К. проходит сквозь пустую ось вращающихся дисков *a*, и пражка обвивает его с заданным шагом. Т. о. навивается один слой на другой. Шаг крутки зависит от поступательного движения скручиваемого пучка пар, получаемого от тяговой шайбы; последняя получает вращение от основного вала машины. Меняя шестерни шайбы, можно получить различные шаги крутки слоев К. Наконеч перед тяговой шайбой на стойке *o* помещается диск, на к-ром укреплен ролик с миткалевой лентой. Если выходящий из последнего кольца *y* К. является законченным по скрутке, то его обвивает миткалем, а если выходящий К.—только сердечник для дальнейшего навивания на него пар, то обвивают обычно пражей; готовый К. с тяговой шайбой поступает на приемный железный барабан. Если крутка состоит из не-

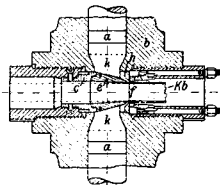
рата поднимается примерно до 110—120°. Когда пар дан, пускают вакуум-насос, который отсасывает горячий воздух, насыщенный парами воды, и создает разрежение. В хороших вакуум-аппаратах вакуум доводится до 95% в 15—20 мин. Процесс сушки телефонных кабелей идет довольно быстро. Повышение изоляции во время сушки показано на кривой (фиг. 39), из к-рой видно,



Фиг. 39.

Фиг. 40.

что повышение изоляции до 14 час. идет довольно быстро и затем кривая становится весьма пологой. К концу сушки кабель имеет сопротивление изоляции примерно 7—8 МΩ/км при  $t^\circ$  вакуум-аппарата равной 110°. По охлаждении до 20° К. будет иметь сопротивление изоляции  $5 \cdot 10^3$ — $6 \cdot 10^3$  МΩ/км. Количество часов сушки К. в зависимости от количества материала или, что то же, от длины К. для К. (900/2+11/2)0,50 показано на фиг. 40. Высушенные К. из вакуум-аппарата поступают на свинцовый пресс для опрессовки свинцовой оболочкой. Свинцовая оболочка защищает бумажную изоляцию телефонных К. от проникновения влаги, поэтому она д. б. без швов и каких-либо отверстий. На фиг. 41 показана внутренняя часть свинцового пресса. Здесь *b*—корпус центральной части пресса, *e*—дорн, *f*—матрица, *h*—регулирующее кольцо, *a*—штемпеля, *k*—камера, наполненная свинцом, *e*—держатель дорна, *Kb*—свинцовываемый К. Как видно из



Фиг. 41.

скольких слоев, то каждый слой, для уменьшения индукционных взаимодействий, навивается в разные стороны. В многослойном К. внутренние слои имеют шаг крутки более короткий, чем внешние; этим достигается выравнивание длины пар, а следовательно и их электрических сопротивлений. При крутке пар в К. они укорачиваются, поэтому длину пар нужно брать с запасом. На 3-дм принято прибавлять на каждые 100 м разную длину пар в зависимости от числа скручиваемых пар. Припуск длин колеблется от 0,8 до 1%.

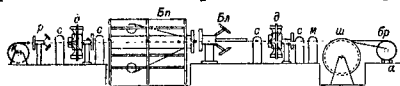
Сушка телефонных кабелей производится в сушильных вакуум-аппаратах. Устройство аппарата показано на фиг. 38. Здесь мы имеем ряд полок *n*, которые укреплены на шарнирах *p* и могут поворачиваться, т. е. или входить в шкаф или выходить из него. Корзины с навитым К. помещаются на одну из таких полок, предварительно выдвинутой наружу; после этого полка с барабаном задвигается в шкаф. Под полками находятся змеевики *z*; пар давлением 2—3 атм входит в змеевик в *a* и выходит в *г*; т. о. К. находится между двумя змеевиками и сушится как сверху, так и снизу. Вакуумная линия присоединяется к вакуум-аппарату посредством патрубков *ш* и идет через конденсатор К к воздушному насосу. Процесс сушки телефонных кабелей идет следующим образом. Когда все полки вакуум-аппарата заполнены, крышку затягивают болтами *б*. После этого пускают пар;  $t^\circ$  внутри вакуум-аппа-

рата поднимается примерно до 110—120°. Когда пар дан, пускают вакуум-насос, который отсасывает горячий воздух, насыщенный парами воды, и создает разрежение. В хороших вакуум-аппаратах вакуум доводится до 95% в 15—20 мин. Процесс сушки телефонных кабелей идет довольно быстро. Повышение изоляции во время сушки показано на кривой (фиг. 39), из к-рой видно, что повышение изоляции до 14 час. идет довольно быстро и затем кривая становится весьма пологой. К концу сушки кабель имеет сопротивление изоляции примерно 7—8 МΩ/км при  $t^\circ$  вакуум-аппарата равной 110°. По охлаждении до 20° К. будет иметь сопротивление изоляции  $5 \cdot 10^3$ — $6 \cdot 10^3$  МΩ/км. Количество часов сушки К. в зависимости от количества материала или, что то же, от длины К. для К. (900/2+11/2)0,50 показано на фиг. 40. Высушенные К. из вакуум-аппарата поступают на свинцовый пресс для опрессовки свинцовой оболочкой. Свинцовая оболочка защищает бумажную изоляцию телефонных К. от проникновения влаги, поэтому она д. б. без швов и каких-либо отверстий. На фиг. 41 показана внутренняя часть свинцового пресса. Здесь *b*—корпус центральной части пресса, *e*—дорн, *f*—матрица, *h*—регулирующее кольцо, *a*—штемпеля, *k*—камера, наполненная свинцом, *e*—держатель дорна, *Kb*—свинцовываемый К. Как видно из чертежа, дорн плотно привернут к своему держателю. Дорн—внутри полый, через него должен проходить опрессовываемый кабель, причем размер дорна выбирается таким, чтобы кабель проходил, не нарушая своей целостности. Матрица в своем гнезде держится свободно и при посредстве болтов м. б. центрирована по оси пресса. Кольцо *h* имеет овальную форму, его назначение—равномерно распределять поступающий из *k* свинец. Штемпеля *a* являются конечными насадками поршней гидравлич. пресса, к-рые создают давление в камере *k*.

Освинцование происходит следующим образом. В специальной ванне, к-рая находится над прессом, расплавляется свинец и посредством особых патрубков наливается в камеру *k*; затем одновременно с двух сторон начинают давить штемпеля *a*, а; протянутый предварительно до дорна *e* кабель *Kb* подхватывается выходящей через кру-

говой зазор между дорном и матрицей свинцовой трубой и получает поступательное движение;  $l^{\circ}$  свинца в  $k$ —от 150 до 200°, а потому  $K$  по выходе из пресса искусственно охлаждается водой и дальше в холодном виде поступает на приемный барабан. Для телефонных  $K$ . предусмотрено технич. условиями добавление к свинцу 3 весовых единиц олова. Добавление 3% олова повышает сопротивление свинца на разрыв на 50%.

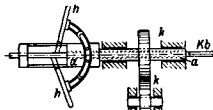
Освинцованный  $K$ ., если он предназначен для прокладки в земле, покрывается броней на бронировочных машинах. Схема бронирования показана на фиг. 42. Здесь  $k$ —бара-



Фиг. 42.

бан с небронированным  $K$ .,  $p$ —ролики с бумагой для обмотки свинца,  $c$ —аппараты с смоляным составом,  $d$ —аппараты для обмотки джутом,  $Bn$ —клеть для бронирования проволокой,  $Бл$ —аппарат для бронирования лентой,  $m$ —аппарат для мелового молока (густая взвесь мела в воде),  $ш$ —тяговая шайба,  $Br$ —приемный барабан бронированного  $K$ ., поставленный на вращающиеся ролики  $a$ . Телефонные  $K$ . в зависимости от диаметра покрываются броней из железных лент или из круглых проволок.

Бронирование лентой производят следующим образом.  $K$ ., получая поступательное движение от тяговой шайбы  $ш$ , проходит сквозь полые оси всех аппаратов. Диск с бумажными роликами  $p$  получает вращательное движение от главного вала вокруг своей геометрич. оси; бумага с роликов обматывает свинцовую оболочку  $K$ . по винтовой линии. Затем  $K$ ., обмотанный бумажной лентой, попадает в аппарат с смоляным составом, покрывается смолой и проходит джутовый аппарат, где осмоленный  $K$ . обматывается подушкой из джута. Толщина подушки—примерно 2 мм. Аппарат для обмотки джутом состоит из розетки, сидящей на полой оси; по периферии розетки насажены катушки с джутом; при вращении розетки джут, сматываясь с катушек, обматывает  $K$ . Обмотанный джутом  $K$ . проходит смоляной аппарат, где джут пропитывается смолой. Подготовленный так, обр.  $K$ . идет на бронировочную машину, показанную на фиг. 43. Здесь  $a$ ,  $a$ —полая ось,  $h$ ,  $h$ —два ролика с железной лентой,  $k$ ,  $k$ —зубчатки,



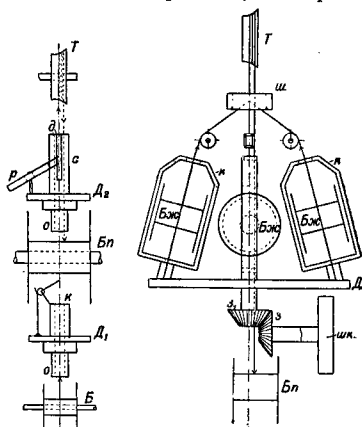
Фиг. 43.

которые передают вращение от главного вала. Вокруг проходящей сквозь полую ось кабеля  $Kb$ , как вокруг сердечника, вращаются ролики с железной лентой и обматывают  $K$ . по винтовой линии с перекрытием ок. 30%. Бронированный  $K$ . покрывается вторым слоем джута, проходит еще один смоляной аппарат и затем попадает в аппарат с меловым молоком.  $K$ . покрывают таким раствором для того, чтобы при выс-

хании не слипались отдельные витки его. Из аппарата с меловым молоком  $K$ . попадает на тяговую шайбу  $ш$  и дальше на приемный барабан  $Br$ . При бронировке проволокой  $K$ . проходит те же этапы, что и описанные при бронировании железной лентой, только после первой обмотки джутом и пропитки смоляным составом он попадает в клеть бронировочную железными проволоками.

Обыкновенно обе машины  $Бл$  и  $Бн$  с целью экономии подсобных аппаратов и места ставят одну за другой: если одна работает, то другая стоит; производству это совершенно не мешает, так как приходится только выключить соответствующую машину от главного вала.

Машины для производства телефонного междугородного  $K$ . На фиг. 44 показана машина для изолировки  $K$ . корделем и бумагой. Она несколько напоминает машину для изолировки телефонных  $K$ . для городских сетей. Здесь  $o$ ,  $o$ —патрубки с отверстиями,  $B$ —барабан с

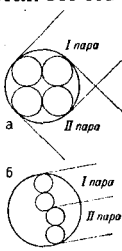


Фиг. 44.

Фиг. 45.

медной голой жилой,  $k$ —катушка с корделем, укрепленная на диске  $D_1$ ,  $p$ —ролик с бумажной лентой, укрепленный на диске  $D_2$ ,  $T$ —тяговая шайба,  $o$ —трубка с прорезью  $d$ , служащая для направления полоски бумаги. Действие машины заключается в следующем. Медная голая жила проходит через отверстие  $o$ , затем обматывается корделем с катушки  $k$ , проходит через отверстия  $o$  и  $d$  трубки с  $i$  и обматывается бумагой. Жила тянется тяговой шайбой и с нее поступает на приемный барабан  $Br$ . Машина для крутки пар и четверок показана на фиг. 45. Здесь  $Бнэ$ —барабаны с изолированной жилой,  $k$ —фонарь,  $ш$ —штупер,  $T$ —тяговая шайба,  $D$ —основной диск,  $з$ —главная зубчатка,  $шк$ —шквив.  $Бн$ —приемный барабан,  $з_1$ —зубчатка диска  $D$ . Машина действует следующим образом. Барабаны с изолированными жилами помещаются в фонари  $k$  (всего машина имеет четыре фонаря), укрепленные на основном диске  $D$ ; последний приводится во вращение шквивом  $шк$  через

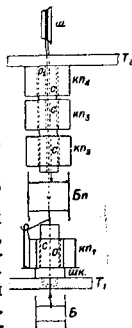
зубчатую передачу з-з<sub>1</sub>. Четыре фонаря ж вращаются вместе с диском; так как тяговая шайба Т имеет вращательное движение только около своей оси, перпендикулярной к оси вращения диска, то четыре изолированные жилы скручиваются в четверку звездой. Эта же машина служит и для крутки пар и четверок по сист. Д. М. При крутке пар работают только два фонаря. При крутке четверок системы Д. М. работают тоже два фонаря, только на барабанах намотаны не жилы, а скрученные пары. Перед тяговой шайбой обыкновенно ставятся два ролика с бумагой, на фигуре не показанные; они служат для обмотки четверок двумя слоями кабельной бумаги. Кроме описанных употребляются еще машины с качающимися дисками. У этих машин основной диск имеет особое устройство, позволяющее ему во время крутки пар или четверок, если одна жила или пара сходит с опережением, менять наклон к оси; т. о. диск наклоняется в сторону опережающей жилы и выравнивает движение. За границей раньше были в большом ходу т. в. комбинированные машины; эти машины одновременно изолировали жилы и крутили их в четверку. В последнее время от таких машин отказываются. Это объясняется большими простоями комбинированных машин, а также и плохим качеством работы. После операции крутки готовые четверки поступают на телефонную машину для крутки в кабель. Крутка в кабеле и все последующие операции ведутся на тех же машинах и аппаратах, какие были описаны в производстве кабеля для городских сетей. Схематическое расположение жил в четверках звездочкой (а) и системы Д. М. (б) показано на фиг. 46.



Фиг. 46.

Машины и аппараты для производства станционных и распределительных кабелей. Машины для изоляции жилы показаны на фиг. 47. Здесь о и о<sub>1</sub> — полые оси, Т<sub>1</sub> и Т<sub>2</sub> — траверсы, Б — барабан с голой жилой, ш — тяговая шайба, Бн — приемный барабан, куда поступает изолированная жила, кн — катушки с пряжей, шк — шкив для вращения катушки вокруг провода, с — сердечники катушек. Действует машина следующим образом. Голоя медная жила получает движение, указанное стрелкой, от тяговой шайбы ш; ролик с катушкой получает движение от главного вала машины; ось вращения катушки совпадает с осью имеющего поступательное движение провода. Т. о. провод будет обматываться шелковой или хл.-бум. пряжей. Чтобы увеличить выпуск готового провода с такой машины, на катушки кн наматывается пряжа не в одну нитку, а трощенная в несколько нитей; тогда на провод при обмотке ложится целая лепточка из ниток, и потому можно увеличить скорость поступательного движения провода. Т. к. провод может иметь длину очень большую и одной катушки пряжи для изоляции не хватит, то на полую ось о<sub>1</sub> надевают еще запасные катушки с пряжей кн<sub>2</sub>,

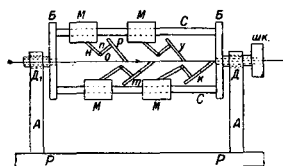
кн<sub>3</sub>, кн<sub>4</sub>. Когда катушка кн<sub>1</sub> израсходовалась, ее заменяют следующей, не разрывая провода; сердечники катушек с имеют по обрезающей прорезь, ширина к-рой соответствует толщине провода, а потому сердечник легко снимается с провода. Такие же машины строят и для обмотки сразу в два слоя; конструкция их такая же, только строят еще третью траверсу и на ней укрепляют еще ряд катушек с пряжей, которые и обматывают провод вторым слоем.



Фиг. 47.

Крутка изолированных жил в пару ведется на машинах, показанных на фиг. 35. Крутка в пучки и пучков в кабель ведется на телефонной крутильной машине (фиг. 36). Обмотка бумажными и станиоловыми лентами ведется на машинах, показанных на фиг. 48. Такая машина состоит из стоек А, А, укрепленных на раме машины Р, Р. В стойках имеются подшипники, в к-рые укладываются цапфы Д, Д<sub>1</sub> дисков Б, Б; на конце одной из цапф имеется шкив шк, к-рый получает движение от ременной передачи. Диски Б, Б соединены между собой тягами С, С; на тягах укреплены зажимы М с шарнирами н, о, п; на держатель п надевается круг р с миткалевой лентой, правильный спуск которой обеспечивается двумя дощечками, удерживающими круг. Такое же устройство имеют держатели т, у, к. На держателе шк закрепляется бумажная лента, на держателе у — станиоловая, на держателе к — снова бумажная лента. К. проходит сквозь пустотельные цапфы Д, Д<sub>1</sub> по направлению, показанному стрелкой; вся машина вращается вокруг оси, совпадающей с осью К., причем К. последовательно обвивается миткалевой, бумажной, станиоловой и бумажной лентами.

Следует также упомянуть о производстве К. по сист. Крауна. Медная жила, диам. 1—2 мм, обвивается железной проволокой,

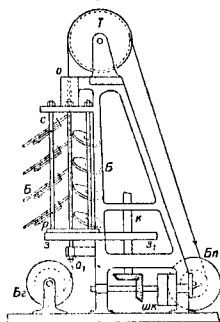


Фиг. 48.

диам. к-рой берется от 0,3 до 0,5 мм. Делается это для увеличения самоиндукции К. Обработанная т. о. жила изолируется или бумажной или гуттаперчевой изоляцией; если изоляция бумажная, то К. опрессовывается свинцовой оболочкой. Обвивка жилы железной лентой производится на машинах, аналогичных машинам, изображенным на фиг. 47, с той разницей, что конструкция их тяжелее и на место катушек с пряжей ставят катушки с железной проволокой.



Машины для производства телеграфного К. с бумажной изоляцией. Все машины, кроме изолировочных, были уже описаны выше; машина для изолировки бумагой показана на фиг. 49.



Фиг. 49.

Здесь *Бз*—барабан с голой жилой, *з,з*—зубчатки, *Б*—ролики с бумажной изолировочной лентой, *Т*—тяговая шайба, *Бн*—приемный барабан, *шк*—шпикв, получающий движение или от отдельного мотора или от трансмиссии, *к*—коренной вал, *с*—стойки для дисков и *о, о*—патрубки. Действие машины следующее. Голоя жила, получая поступательное движение от тяговой шайбы (сама тяговая шайба получает движение от коренного вала, на фигуре не показанного), движется по направлению, указанному стрелками; три стойки *с* укреплены неподвижно на плите *р*; на каждой стойке укреплено по 4 ролика *Б* с бумагой; плита *р* связана в одно целое с зубчаткой *з* и вращается вокруг своей геометрии. оси *о, о*; т. о. стойки *с* с роликами *Б* также вращаются вокруг оси *о, о* или, иначе говоря, вокруг поступающей жилы; бумага сматывается с роликов и изолирует жилу столько, сколько поставлено роликов. Изолированная жила идет в сушильный аппарат и после сушки—на свинцовый пресс для опрессовки свинцовой оболочкой. Иногда такие К. по требованию заказчика пропитываются изолирующими составами. Пропитка делается для того, чтобы предохранить жилу К. от влаги, если например свинцовая оболочка имеет где-либо дефект. Если бронированный К. предназначается для прокладки в земле, то он бронируется круглыми или сегментными проволоками.

К. с изоляцией из джутовой пряжи в настоящее время выходит из употребления и замещается К. с бумажной изоляцией. Жила такого К. обвивалась двумя слоями джутовой пряжи, причем один слой имел правую крутку, другой—левую. Изолированная т. о. жила поступала в пропиточные аппараты, откуда шла на свинцовый пресс и дальше—уже по знакомым нам ступеням обработки.

Лит.: Ю р в е в М. Ю. Телефонирование по кабелю на дальнее расстояние. М., 1927; М а н и н Н. П. Кабельные линии связи. М., 1927; е г о ж е, Воздушные линии связи. Расчет, устройство, ремонт, содержание. М., 1927; см. также лит. в главе «Кабель высоковольтный». Г. Бащинин.

**КАБОТАЖ**, каботажное плавание и е, морское плавание между портами одного и того же государства с целями перевозок береговых грузов и пассажиров. Технич. средства и вообще практика плавания больших судов К. ничем не отличаются от технич. средств и практики обыкновенных морских сообщений. Вследствие этого установить

точные признаки типа специально каботажного судна довольно трудно. Чаще всего под таким названием понимают те небольшие суда, к-рые плавают по линиям местных сообщений. Плавание это отличается некоторыми особенностями. Так, в громадном большинстве случаев основной целью этого плавания является перевозка грузов между такими пунктами побережья, куда по судовым условиям (отсутствие причалов, малая глубина гавани и пр.) или просто по коммерч. соображениям не заходят большие суда. Кроме того и основная масса перевозимых при таком плавании грузов слагается из дешевых и не выдерживающих высоких фрахтов товаров: соли, строительного камня, кирпича, черепицы, дров, сена, соломы, овощей, арбузов, дынь и т. п. В большинстве случаев эти суда деревянные, самой дешевой и грубой конструкции, небольшой грузоподъемности, от 20 до 150—200 т, с парусным (обыкновенно двух-, реже трехмачтовым) вооружением, изредка со слабым вспомогательным мотором, позволяющим им двигаться с небольшой скоростью в штилевую погоду (тип лайб, дубов и кочерм Балтийского и Черного морей). Этот тип европ. каботажника заметно отличается от типа каботажника наших дальневосточных окраин. Суровые условия плавания по Охотскому и Берингову морям и перевозка более ценных товаров (пушнина, мануфактуры и колониальных товаров и пр.) между Владивостоком и Камчаткой выработали более совершенный тип каботажника, со стальным корпусом, грузоподъемностью до 600 т, с сильным мотором, который и является главным двигателем судна, несмотря на наличие у него парусного вооружения.

Развитие у нас каботажного плавания в значительной мере тормозится естественными условиями плавания на прилегающих к побережью СССР морях (продолжительная их замерзаемость, малая изрезанность берегов, частые бури и туманы Ледовитого океана, Охотского и Берингова морей). Несмотря на это каботажные перевозки и в настоящее время играют весьма крупную роль в нашем морском транспорте и имеют все шансы для дальнейшего развития. Так, по данным одного Совторгфлота, размеры грузооборота каботажного и заграничного плавания за шесть месяцев определяются следующими цифрами (в тыс. т):

Малый К. (по главным конторам Совторгфлота)	1927 г.	1928 г.	1928 г. в % к 1927 г.	
			в	к
Черноморская контора . . .	223,0	284,5	127,1	
Азовская » . . .	21,0	38,0	180,9	
Северная » . . .	13,7	26,4	192,7	
Дальневосточн. » . . .	31,2	40,2	128,9	
Балтийская » . . .	—	2,6	—	
Всего . . . . .	288,9	391,7	135,5	

Д а л ь н е е п л а в а н и е  
(по главным конторам)

Черноморская контора . . .	68,7	117,0	170,3
Азовская » . . .	0,8	0,9	112,5
Северная » . . .	86,0	112,7	131,0
Дальневосточн. » . . .	52,0	37,8	72,7
Балтийская » . . .	187,6	231,7	123,5
Всего . . . . .	395,1	500,1	126,6

Эти данные д. б. увеличены на грузооборот частновладельческих судов, к-рые особенно

часто встречаются как-раз в составе мелких судов каботажного флота.

Лит.: Сборник законов и распоряжений по торговому мореплаванию и портам, М., 1928; Энцикл. словарь Бронгауза и Ефрона, т. 26, СПб., 1894; Энцикл. словарь В. В., Энциклопедия водных путей, Москва, 1927. В. Циханович.

**НАВИГАЦИЯ**, см. *Движители судовые*.

**НАВИЗАНСКАЯ ПАЛЬМА**, см. *Самшит*.

**КАДАСТР ВОДНЫЙ** общий, систематический свод основных сведений о реках и о произведенных речных исследованиях, могущий служить основой для научных работ и для использования рек в хозяйственном отношении, а также основой для установления программы дальнейших исследований. Общий К. в. состоит из трех частей: 1) списка рек, 2) каталога рек и 3) подробного формуляра для характеристики рек: а) безливных и б) с приливами и отливами. Кроме того составляются специальные кадастры: по судоходным рекам, по рекам как источникам водоснабжения и по водным силам [форма одного из наиболее важных кадастров—водных сил СССР—выработана Госуд. гидрологическим ин-том и комиссией по изучению естественных производительных сил Союза (КЕПС) при Академии наук СССР]. Вследствие чрезвычайной сложности и многообразия явлений, происходящих в реках и постоянной смены их в пространстве и во времени в зависимости от того или иного сочетания метеорологических, гидрологических и многочисленных других факторов, необходимо для возможности сравнения и получения нужных данных установить однообразную форму водного кадастра во всех его частях.

Список рек включает все живые реки данного бассейна. Он содержит название главной реки, сведения об ее истоках, ее длине, а также перечисление всех притоков.

**К а т а л о г** рек, выработанный и принятый Государственным гидрологич. ин-том, должен включать все живые реки (не сухие лога). Реки должны располагаться в каталоге по бассейнам: сначала главная река, а затем ее притоки в порядке впадения от верховьев к устью, подобно тому как это сделано в «Перечне внутренних водных путей». В каталог включаются также источники и проточные озера. Непроточные озера и болота в каталог не включаются, и для них могут составляться особые специальные каталоги. При составлении каталога и кадастра вообще используются весь имеющийся литературный, картографический и архивный рукописный материал, а также производится собиранье данных на местах. Каталог рек включает следующие сведения: 1) шифр схемы бассейнов (по схемам Гос. гидролог. ин-та); 2) правый («п») или левый («л») приток; для рек впадающих в озера или моря, л. б. отмечена главная «гл.»; 3) название реки; 4) широта и долгота устья и истока (для больших рек); 5) длина реки; 6) площадь бассейна; 7) абсолютная отметка истока и устья; 8) сведения о расходах реки; 9) сведения об использовании реки (судоходство, сплав, утилизация водной энергии, водные мелиорации); 10) сведения об исследованности реки; 11) источники и способы получения данных о реке сверх известных.

**Ф о р м у л я р** для характеристики реки, не подверженной приливам и отливам, принятый Госуд. гидрологич. институтом и Народным комиссариатом путей сообщения в 1923 г., должен включать: 1) общие сведения о реке в целом; 2) режим реки; 3) исполненные работы и их последствия; 4) транспорт (судоходность).

**Ф о р м у л я р** для характеристики реки, подверженной действию приливов и отливов (ливной реки), утвержденный на VII Международном судоходном конгрессе в Брюсселе в 1898 г., включает: название реки; краткое географическое описание (указание важных притоков, впадающих в приливную часть реки; определение устья).

**Р е ж и м** моря. 1) Гидрографич. карта. Котидальные кривые. 2) Морские течения. 3) Кривые приливов и отливов, равноденственная высоких вод, средние высокие вод, средние низких вод. 4) Сводстудующие ветры и бури; их влияние на приливы и отливы; количество ветров; высота волн во время бурь. 5) Свойства морского дна против устья реки и свойства ближайших берегов; движение наносов, бары, их изменения.

**Р е ж и м** рек и вышеливной части. 1) Расход верхних (пресных) вод реки и ее притоков в межень, в обыкновенные и в исключительные половодья; средний расход. Время и повторяемость подъемов воды. Месячные диаграммы средних, наибольших и наименьших расходов. Кривые расходов в зависимости от высоты и горизонта воды. 2) Наносы, велекомые рекой, их количество и природа.

**Р е ж и м** реки в части, подверженной действию приливов. 1) План с кривыми промеров. 2) Продольный профиль по линии, обозначенной на плане, с показанием а) геометрич. мест приливов и отливов; б) мгновенных кривых, снятых через промежутки в один час; в) пределов распространения прилива. Такие же данные для межженного периода реки и периода ее обыкновенных высоких вод. Указание изменений рельефа дна, естественных или вызванных работами. Высота берегов. Горизонты самых высоких вод. 3) Поперечные профили по линиям, обозначенным на плане. 4) Местные кривые приливов и отливов, отвечающие указанным выше состояниям моря и среднему расходу пресных вод. Кривые скорости распространения низкой и высокой воды. 5) Кривые подводных сечений ниже горизонта среднего отлива и между этим горизонтом и средним горизонтом прилива; кривые объема вод, входящих в реку в разных местах ее течения. 6) Диаграммы, для принятых в п. 5 станций, расходов и средних скоростей течения в ск., выведенных расчетом из элементов п. 5 и из соответствующих подводных сечений. Диаграммы средних скоростей в зависимости от высоты уровня воды. 7) Скорости течения, наблюдаемые в нижней части реки на разных станциях, в разных местах поперечного сечения и на разных высотах. 8) Природа и количество наносов. 9) Указания изменений в банках (см.) и фарватерах (см.). 10) Соленость. 11) Исполненные работы и их результаты.

Лит.: М а ш т а к о в П. Л., Список руд Днепровско-бассейна, СГП, 1913; К о л ы л о в Н. А., Инструкция для составления кадастра рек. Л., 1927; Перечень внутренних водных путей Европ. России с распределением их по морским и речным бассейнам. Л., 1928; Т и м о н о в В. Е., Формуляр для характеристики рени, не подверженной приливам и отливам, «Известия Госуд. гидрологич. ин-та», Л., 1928, 16; с т р . 16. Об установлении формулы для однообразной и исчерывающей характеристики рек, «Известия Российского гидрологического института», Петроград, 1921, 1—3; С и м о н о в Н. С., Инструкция для составления кадастра водных сил СССР, Ленинград, 1929.

**КАДМИЕВЫЕ РУДЫ**, минералы, содержащие кадмий; из них гринокит  $CdS$  (кадмиевая обманка), содержит 77,8% и отавит  $CdCO_3$ —61,5% Cd. Эти руды встречаются очень редко и применяются гл. образом для изготовления минеральных красок. Кадмий добывается как побочный продукт при производстве цинка из цинковых и цинково-свинцовых сульфидных и окисленных руд, содержащих кадмий. Содержание кадмия в рудах СССР видно из табл. 1.

Табл. 1.—Содержание кадмия в цинково-свинцовых рудах.

Месторождения	Содержание в %		В пересчете на 100 ч. Zn
	Cd	Zn	
Садонский рудник, С. Кавказ	0,01—0,02	55,96—59,74	0,02—0,04
Змеиногорский рудник, Сибирь	0,01	2,48	0,40
Лазарский рудник, Сибирь	0,02	23,02	0,09
Варадаускис, Казахская ССР	0,02	Следы (РВ45, 37)	—
Алтын-Топан, Узбекская ССР:			
Сульф. и окисл. руды	0,26	10,28	2,53
Сульфидные руды	0,14	10,30	1,95
Окисленные руды	0,09	18,14	0,50
Кав-сай, Узбекская ССР:			
Сульфидные руды	0,12	13,94	0,86
Сульф. и окисл. руды	0,16	11,30	1,42
	0,24	12,91	1,88

Более детальное опробование руд Садонского рудника на содержание кадмия дало следующие результаты (табл. 2).

Табл. 2.—Содержание кадмия в рудах Садонского рудника.

Место взятия проб	Число анализов	Содержание в %			
		Cd		Zn	
		от	до	от	до
Шахта Артем	4	0,045	0,250	14,05	32,75
Центральный участок	11	0,037	0,473	14,75	38,00
Ходский участок	5	0,102	0,478	22,76	36,75

Содержание Cd (на 100 ч. Zn) в рудах Верхней Силезии—0,33, Бронен-Хилл (Австралия)—0,40, Джоплин (США)—0,62. Таким образом руды некоторых месторождений СССР богаче кадмием, чем руды месторождений других стран.

Впервые Cd начали добывать из руд Верхней Силезии, где с 1850 по 1900 г. было добыто 160 т Cd. С 1911 г. добыча Cd началась в США и с 1923 г.—на Тасмании. В последнее время мировая продукция Cd достигла ~ 700 т в год; из этого количества на долю США приходится 60%, Тасмании 22%, Канады 12% и Верхней Силезии 6%.

Лит.: см. Кадмий.

П. Топольницкий.

**КАДМИЙ**, Cd, химич. элемент II группы периодич. системы, ат. в. 112,41, порядковый номер 48; металл серебристо-белого цвета; кристаллизуется в гексагональной системе; ковкий, тверже олова, режется ножом, легко вальцуется и вытягивается; при этом, в противоположность цинку, не теряет полностью своей кристаллич. структуры; рекристаллизация протекает медленно при комнатной  $t^\circ$  и быстро при 200—250°;  $t_{пл.}$  320,9°,  $t_{кип.}$  763—786°. Удельная теплоемкость 0,054 cal на г (при 28°). Теплота плавления 13,66 cal на г (1,54 Cal на г-атом); теплота испарения ~ 240 cal на г (~ 27 Cal на г-атом). Плотность металлич. К. зависит от способов его обработки; так, плотность плавленного К.—8,64819, кованого—8,6944, пресованного при 20 000 atm—8,642007. Твердость К. по шкале Моса 2,0, склерометрическая твердость (на штрих) при нагрузке 10 г—от 0,022 до 0,027; твердость по Бринелю при нагрузке 200 кг и диам. шарика 9,52 мм—22,0 кг/мм<sup>2</sup>, а при нагрузке 100 кг—15,1—15,4 кг/мм<sup>2</sup>. Эти значения изменяются в зависимости от условий отливки К.; так например, плавленый и медленно охлажденный К. показывает твердость по Бринелю (при нагрузке 100 кг) 16,5, а быстро охлажденный—17,5. Теплопроводность для плавленного К. при 18° равна 0,2216, а при 100°—0,2149 в единицах CGS; температурный коэффициент в этом случае равен 0,0038. Для кадмиевой проволоки теплопроводность при 18° равна 0,2236, при 100° теплопроводность равна 0,2209; в этом случае температурный коэф. равен 0,001. Электропроводность К. при 18° равна 12,9—13,2·10<sup>10</sup> мо.

К.—двувалентный элемент; на воздухе он легко окисляется, образуя окис; сильно нагретый, горит, окрашивая пламя в красный цвет; при окислении образует не только окис, CdO, но и субокиси. Пары К. окрашены в желто-коричневый цвет, ядовиты. Химически чистый К. плохо растворяется в к-тах; из растворов солей он вытесняется металлич. цинком. К. разлагает пары воды только при высокой  $t^\circ$ . В природе К. встречается в виде сернистого К., CdS, и в виде карбоната, CdCO<sub>3</sub>.

**Применение К. в технике.** Сплавы К. со свинцом, цинком и висмутом применяются для изготовления легкоплавких пробков для автоматич. огнетушителей. Наибольшим распространением пользуются следующие сплавы: Вуда (12,5% Cd, 25% Pb, 12,5% Sn и 50% Bi,  $t_{пл.}$  70°), Ньютона (10% Cd, 23% Pb, 17% Sn, 45% Bi,  $t_{пл.}$  70°), Липовича (10% Cd, 27% Pb, 13% Sn и 50% Bi,  $t_{пл.}$  55—60°); легкоплавкие припой: шнеллот, Schnelot (25% Cd, 50% Sn, 25% Pb,  $t_{пл.}$  149°), сикерлот, Sickerlot (63% Sn, 37% Pb; прибавление 8% Cd понижает  $t_{пл.}$  до 136°) применяются как добавка к нейзильберу и к сплавам магния для повышения их механических свойств. Кадмий служит для замены олова в припое и в подшипниковых сплавах. Далее К. находит применение в ювелирной технике для придания своеобразных оттенков изделиям из серебра, золота и платины; в типографском деле для изготовления клише; как припой для алюминия и свинца; как добавка к меди для по-

лучении телефонных и телеграфных кабелей с высокими механич. качествами; прибавкой 1% К. к меди достигается значительно бóльшая прочность проволоки на разрыв и истирание (второе бóльший срок службы) без понижения электропроводности. Амалгамой К. пользуются в зубной технике. К. применяется и в никелировании: отчасти как грунт для последующего покрытия никелем, отчасти в качестве составляющей электролита ( $CdCl_2$  до 0,1% делает осадок никеля более плотным и светлым).

В последнее время К. нашел большое применение в гальванотехнике. Покрытие К. (кадм и р о в а н и е) является лучшей защитой железа и стали от коррозии на воздухе и в морской воде. Наиболее распространено кадмирование электролитич. путем. К. можно осаждать как из щелочных, так и из кислых растворов; кислые ванны применяются редко; они содержат обычно смеси серноокислых солей  $Cd$ ,  $NH_4$  и  $Mg$  (или соответствующих двойных солей) и свободной серной к-ты. Из такого электролита К. отлагается в виде игол, непрочно сидящих на поверхности покрываемого предмета. Для улучшения качества покрытия было предложено вводить в электролит различные органич. вещества (пентон, декстрин и т. п.); однако распад их, происходящий в процессе работы, часто влечет за собой не улучшение, но в нек-рых случаях значительное понижение качества получаемого слоя.

Лучшие результаты дают перхлоратные, фтороборатные и кремнефтористоводородные ванны. Покрытия из этих ванн, особенно в присутствии коллоидов, получают равномерные, плотные и крепко держатся на покрываемом предмете. Однако эти ванны вследствие дороговизны и сложности ухода за ними применяются только в исключительных случаях. Самое широкое распространение имеют щелочные, особенно цианистые, ванны; они лишены недостатков серноокислых ванн и отличаются большой продолжительностью работы. Примерные составы электролита: а) 8,5 г двойной цианистой соли К. и калия,  $KCN \cdot Cd(CN)_2$ , 3,5—7 г едкого кали,  $KOH$ , 2 г декстрина, 1000 г воды или б) свежесозданный  $CdCO_3$ , приготовленный из 14 г серноокислого К.,  $CdSO_4$ , 35 г цианистого калия,  $KCN$ , 1000 г воды. Первая ванна работает при комнатной  $t^\circ$ , при плотности тока 15 А на  $m^2$  и напряжении на клеммах 2 В; анодом служит сырой К. Для правильного растворения анода необходимо время от времени прибавлять цианистого калия, а для сохранения постоянной электропроводности добавлять едкого кали. К. отлагается равномерно; покрытие прочно держится на железе и стали. Вторая ванна работает при плотности тока 0,4—0,8 А на  $dm^2$  и напряжении 3 В; анодом служит сырой К. Для получения блестящих отложений в раствор рекомендуется вводить пентон в количестве до 2 г/л. Нагревание предметов, покрытых слоем металлич. К., до 170—250° улучшает качество покрытия как в отношении прочности, так и в смысле предохранения от коррозии. Электролитич. кадмирование нашло широкое применение в технике и служит для замены цинкования и никелирования.

В настоящее время главными поставщиками металлического кадмия являются США и Германия. Производство К. в США в 1927 г. равнялось 486 525 кг металлич. К. при цене 60 центов за англ. ф. д. Стапанов.

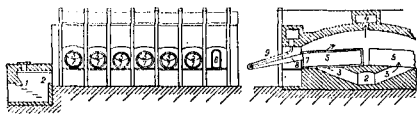
#### К. в металлургии.

Незначительное содержание К. в рудах (см. *Кадмиевые руды*) делает совершенно нецелесообразным непосредственное применение их в качестве исходного материала для получения К. В этом отношении более пригодными оказываются нек-рые побочные продукты цинкового и свинцового производств. Таковыми являются: 1) цинковая пыль, к-рая собирается в аллонжах и конденсерах при дистилляции цинка из обожженной руды, 2) пыль мешочных камер свинцово-плавильных заводов, 3) остатки от очистки растворов цинковых электролитных  $\alpha$ -дов и 4) остатки литопонного производств. Содержание К. в этих продуктах следующее: 1) Цинковая пыль силеских заводов, полученная в течение первых двух часов дистилляции, содержит в среднем около 6% кадмия, собранная же после этого срока содержит 1,2—2,0% К. В конденсерах системы Danger цинковая пыль получается с содержанием 3—4% К. Содержание К. в цинковой пыли бельгийских  $\alpha$ -дов варьрует от 0,52 до 1,3% и иногда до 1,8%, а  $\alpha$ -дов США в среднем около 2%. 2) Пыль мешочных камер свинцовоплавильных  $\alpha$ -дов в первое время своего осаждения содержит лишь следы К.; но эта пыль после многократного возвращения в плавильную печь в течение нескольких лет значительно обогащается К. Полученная т. о. пыль на  $\alpha$ -дах США содержит до 5% К. и иногда даже выше. 3) Остатки от очистки растворов на цинковых электролитных заводах содержат около 12% К., а 4) остатки литопонного производств ~ 8% К. Получение металлич. К. из указанных продуктов производится двумя способами: сухим и мокрым; по последнему способу его можно вести как чисто химическим путем, так и электрохимическим.

Сухой способ применяется для переработки цинковой пыли и состоит в фракционированной дистилляции ее. Такая переработка основана на более легкой восстановимости  $CdO$  по сравнению с  $ZnO$  и на бóльшей летучести металлического  $Cd$ , чем  $Zn$ . Заметное восстановление  $CdO$  в условиях практики происходит в  $t^\circ$ -ном интервале от 772 до 813°, а  $ZnO$ —при 1022—1088°.  $t^\circ_{пл.}$  778°, а  $Zn$ —935°. С понижением  $t^\circ$  упругость паров  $Cd$  и  $Zn$  понижается, причем кривая упругости пара  $Cd$  на всем своем протяжении лежит выше кривой для  $Zn$ , благодаря чему скорость испарения К. при всех  $t^\circ$  будет выше, чем для цинка. Вследствие этого отношение  $Cd : Zn$  в дистилляте будет выше, чем в дистиллируемом веществе; подвергая дистилляты повторной перегонке, мы можем дойти до отгона, содержащего почти чистый К.

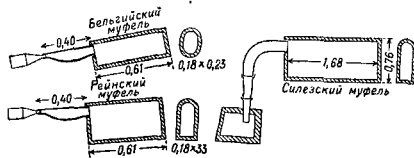
Большая часть металлич. К. получается в первые 1½—2 часа дистилляции. Полученный продукт содержит от 3,8 до 4,2% или 6,0—8,0% К., в зависимости от состава руды. Его смешивают с 50% угля и снова

подвергают дистилляции. Эту операцию повторяют несколько раз. В результате получают так называемый сырой К., который расплавляют в отдельной печи и разливают в формы. Обычно дистилляцию производят в муфельных печах; конструкция их в общем однотипна, изменяются лишь количество муфель, их распределение и размеры. На фиг. 1 изображен тип такой печи. Газ, получаемый в генераторе со ступенчатой колосниковой решеткой 1, через каналы 2 и 3 проходит в печное пространство, где он



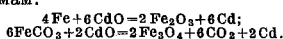
Фиг. 1.

сгорает, и продукты горения уходят через отверстие в своде печи по борозу 4; в печь вмазан ряд цилиндрич. реторт 5 длиной 1,2 м и 30 см в поперечнике, загруженных смесью цинковой пыли, содержащей К., с углем; 6—силезский муфель с размерами 1,3 × 0,5 × 0,2 м. Реторты закрываются круглыми крышками 7, к отверстиям к-рых присоединены собирательные металл. конусы 8, сообщающиеся далее через 8-образные трубки 9 с дымоходом. Различные конструкции муфель представлены на фиг. 2. Чтобы уменьшить число дистилляций Гнессе и Эрбен смешивают цинковую пыль, содержащую К., с коксом (115 кг продукта с 17 кг кокса) и в специальной печи дистиллируют в течение 20—22 час. Продукт собирается в металл. конусах частью в виде сплавленного металла, частью же в форме порошка. Металл непосредственно переплавляют и отливают в штанги. Порошок перегружают в меньший дистилляционный муфель, находящийся в той же печи, и вновь дистиллируют при более высокой  $t^\circ$ . В этом случае вся операция



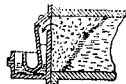
Фиг. 2.

отделения К. проводят при помощи только двух дистилляций. Метод дает продукт с содержанием 99,5% К., в то время как указанные выше способы в лучшем случае дают продукты с 57—80% К. Для получения чистого К., свободного от цинка, Р. Бивенд предложил при перегонке применять как восстановители металл. железо или азисные его соединения. Реакция протекает по схемам:



Неудобство сухого способа заключается в большой потере металла при переработке. По Шухарду, выход К. при первой перегонке достигает 52,7%, а при второй—96,86%.

В среднем нужно считать, что потеря металла достигает 40%. Главная часть потерь зависит от трудности конденсации паров К.; с целью уменьшения последней Армстронг предложил приспособление для улавливания и конденсации паров металла (фиг. 3). Принцип этого приспособления заключается в том, что пары К. пропуская через ванны с расплавленным хлористым кальцием или поташом.



Фиг. 3.

Мокрый способ м. б. применен ко всем вышеуказанным лобочным продуктам, содержащим К. Он состоит в переводе К., а также и других металлов, заключающихся в перерабатываемом материале, в растворимые сернистые соли и в удалении их полученных растворов вредных примесей и осажении из очищенного раствора металл. К. Перевод в сульфаты производится следующим образом. Перерабатываемая пыль смешивается с 10—15% (по весу)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в  $60^\circ$  В для образования сульфатов и разложения мышьяковитых и мышьяковосилов соединений; прибавляется некоторое количество воды для получения легко перемешиваемого теста. При перемешивании массы начинается химическое взаимодействие между  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и составными частями пыли, сопровождающееся значительным выделением тепла. После того как закончится первый бурный реакционный период,  $t^\circ$  поднимают до  $230^\circ$  и выдерживают массу при этой  $t^\circ$  дня 4. Затем  $t^\circ$  снова повышают, доводя ее до  $325^\circ$ ; по истечении 48—60 ч. реакции сульфатирование заканчивается полностью. Полученные сульфаты выщелачивают полученным от предыдущих обработок раствором, содержащим ~10%  $\text{CdSO}_4$ ; при этом получается крепкий раствор, содержащий ~34%  $\text{CdSO}_4$  и подвергающийся затем очистке от вредных примесей. Полученный после первого выщелачивания раствор промывается дважды (раствором с 5%  $\text{CdSO}_4$  и затем чистой водой), причем получаются растворы, содержащие 10 и 5%  $\text{CdSO}_4$ .

Очистка растворов, богатых  $\text{CdSO}_4$ , производится двойным образом в зависимости от способа осаждения К. В случае выделения К. металл. цинком из растворов от выщелачивания достаточно удалить As и Cu. Это производится прибавлением к ним  $\text{CuSO}_4$  и железной лопы. Осадок отфильтровывают, и в чистый раствор погружают полосы Zn; собранный, осевший губчатый Cd не м. б. переплавлен из-за его быстрого окисления, поэтому спрессованный осадок, сохраняемый в керосине, подвергают дистилляции в графитовых тиглях.

Наилучшим способом получения кадмия является электролитический способ. В этом случае исходный раствор подвергается более тщательной очистке; для этого его обрабатывают сначала  $\text{CaCO}_3$  или  $\text{CaO}$ , пока не осядут полностью Fe, As,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  и  $\text{PbSO}_4$ , а затем сернистым натрием для удаления следов Cu. В других случаях после обработки  $\text{CaO}$  к раствору прибавляют цинковую пыль; собранный при этом осадок, содержащий Cu, Cd и Zn, подвергают переработке на Cd обработкой без

доступа воздуха слабым раствором  $H_2SO_4$  (растворяются Cd и Zn) и осаждением из полученного раствора цинка окисью кальция. Электролитический способ в большом масштабе применяется на заводах Electrolytic Zinc Co. в Австралии. Подготовка электролита обычно сводится к обработке цинковой руды обжигом, последующему растворению обожженного продукта в серной кислоте и выделению К. из раствора цинковой пылью. Отход сернокислого цинка служит для получения электролитического цинка, а остаток, содержащий кадмий, медь и цинк, в случае отсутствия кобальта, подвергают окислению при нагревании и вновь растворяют в серной кислоте. Растворение ведется с таким расчетом, чтобы в раствор перешла главная часть цинка и К. Этой операцией продукт освобождается от меди. Если же остаток содержит кобальт, то после окисления его растворяют в слабой серной к-те, количество которой варьирует в зависимости от содержания К. и кобальта. Из полученного раствора К. вытесняется цинковой пылью в виде губки, к-рую тщательно отмывают, подвергают нагреванию на воздухе для окисления и вновь растворяют в разбавленной серной к-те или в растворах электролитов, применяемых при электролизе К. Для успешной электролитич. рафинировки К. существенное значение имеет отсутствие в полученном электролите солей Zn, Co, Ni, Fe, As, Cu и Ti, сильно понижающих выходы по току и качество отложенного металла. Так, в присутствии солей Ti выход по току падает до 50%, и получающийся осадок К. губчат и окрашен в темный цвет. Применяемые для электролиза катоды обычно изготовляют из алюминия, а аноды—из свинца, покрытого двуокисью марганца. Плотность тока колеблется в пределах от 100 до 165 А на м<sup>2</sup>; напряжение на клеммах достигает 3—4 В; выход по току 85%; чистота металла 99,95%. Для получения на катоде толстого и плотного слоя К. необходимо вести электролиз в слабо кислых растворах. Коллебания концентрации к-ты допускаются в пределах от 10 до 90 г на л электролита. Однако и в этих условиях осадок К. склонен к образованию крупных кристаллов, шишек и даже губки. Для устранения этих нежелательных явлений применяют циркуляцию электролита и вращающиеся электроды; эти приемы обеспечивают достаточно ровное и плотное наложение металла. Полученные кадмиевые катоды переплавляют под слоем тяжелого масла.

Г. Урагов.

#### Соединения К.

Окись К., CdO, получается нагреванием при доступе воздуха металлического К., его солей (нитрата, карбоната) или гидрата окиси. Окись кадмия, полученная из металла, аморфна и почти бесцветна. При сжигании К. в атмосфере чистого кислорода образуется кристаллич. окись, окрашенная в темнокоричневый цвет; CdO, полученная разложением солей, имеет различную окраску в зависимости от характера соли и  $t^\circ$  прокаливания; уд. вес 8,15. CdO сублимируется, не плавясь, при  $t^\circ$  700—1000 $^\circ$ ; легко восстанавливается до металла углем

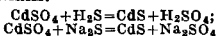
при 700 $^\circ$ , а водородом при 270 $^\circ$ . В атмосфере СО восстановление протекает через стадию субоксидов Cd<sub>2</sub>O и Cd<sub>3</sub>O; легко растворяется в к-тах с образованием соответствующих солей. Гидрат окиси К., Cd(OH)<sub>2</sub>, белый аморфный порошок, уд. в. 4,8, легко растворимый в к-тах и аммиаке; получается обработкой CdO разбавленными растворами едкого кали или осаждением щелочами растворов солей К. Гидрат окиси и окись К. применяются для изготовления растворов при электролитическом покрытии железн. изделий. У г л е к с л ы й К., CdCO<sub>3</sub>,—белый осадок, получаемый при осаждении растворов солей К. растворами поташа или соды; уд. в. 4,26; разлагается при  $t^\circ$  выше 300 $^\circ$ . Применяется для изготовления красок и в гальванотехнике. А з о т н о к и с л ы й К., Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O,—кристаллич. бесцветная соль; уд. в. 2,46; легко растворим в воде, растворяется в спирте; плавится при 60 $^\circ$ , теряя воду; безводная соль имеет  $t^\circ$  п. ок. 350 $^\circ$ ; получается растворением металла или окиси в азотной к-те; служит исходным материалом для приготовления других солей К. Б р о м и с т ы й К., CdBr<sub>2</sub>,—бесцветная кристаллич. соль, сильно гигроскопичная; уд. в. 5,2; приготавливается растворением К. в бромиде или карбоната К. в бромистоводородной к-те; сублимируется при 585 $^\circ$ , растворим в спирте и ацетоне; применяется в фотографии как замедлитель при проявлении. Х л о р и с т ы й К., CdCl<sub>2</sub>, получается пропусканием хлора в расплавленном К., или обработкой CdO сухим хлором при нагревании, или растворением металла, его окиси, карбоната или сернистого К. в соляной к-те, после чего соль выпаривают досуха и сплавляют в токе сухого HCl;  $t^\circ$  п. 566—570 $^\circ$ ; уд. в. 4,05; на воздухе кристаллы выветриваются и рассыпаются в белый порошок; легко окисляется; из воды кристаллизуется, в зависимости от условий с 1, 2, 4 и 5 молекулами воды. Ш а в е л ь о к и с л ы й К., CdC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·3H<sub>2</sub>O,—трудно растворим в воде, легко—в минеральных к-тах. Получается осаждением из растворов солей К. шавелевокислым калием или щавелевой к-той; применяется при изготовлении красок. С е р н о к и с л ы й К., CdSO<sub>4</sub>,—бесцветная соль, получаемая растворением металла, его карбоната или окиси в серной кислоте. Кристаллизуется из водных растворов с 7 частями воды. Безводная соль (уд. вес. 4,7;  $t^\circ$  п. ок. 1000 $^\circ$ ) получается при обработке растворов сульфата и нитрата К. конц. серной к-той или действием персульфата аммония или калия на расплавленный К. Применяется при изготовлении желтых красок, вестовых нормальных элементов и в гальванотехнике. Ц и а н и с т ы й кадмий, Cd(CN)<sub>2</sub>,—аморфный порошок, плохо растворимый в воде и легко—в сильной к-те или в растворах цианистого калия или натрия. Получается растворением свежеосажденного Cd(OH)<sub>2</sub> в сильной к-те или осаждением из раствора солей К. цианистым калием. Применяется главн. образом в гальванотехнике. С е р н и с т ы й К., CdS,—желтого цвета; уд. в. 4,5—4,8;  $t^\circ$  п. около 1750 $^\circ$ ; приготавливается сплавлением К. или его окиси с серой или нагреванием солей К. с безводным

гипосульфитом или осаждением из водных растворов солей К. сероводородом. В зависимости от условий получения бывает окрашен в различные оттенки желтого цвета. Применяется в качестве краски (см. ниже).

Лит.: Gmelin-Kraut's Handbuch d. anorg. Chemie, 8 Aufl., 33—Kadmium, Lpz., 1925; Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 2, 1928; Mellor J. W., A Comprehensive Treatise on Inorganic & Theoretical Chemistry, v. 3, L., 1923; Burgen, Cadmium, Its Metallurgy, Properties a. Uses, L., 1924; Hoffman H., Metallurgy of Zinc & Cadmium, N. Y., 1922; Lehlig M., Zink und Cadmium, Lpz., 1913; Sen, n., Ztschr., f. Elektrochemie, Halle a/S., 1905, B. 11; Slemens, Ztschr. für anorg. Chemie, Hamburg—Leipzig, 1904, B. 41, p. 257; Mylius F., ibidem, 1897, B. 13, p. 157; Smith E. F., ibid., 1892, B. 1; Rieger, Zeitschrift für Elektrochemie, Halle a/S., 1900, B. 7, p. 874; Fischer A., Chem. Ztschr., B., 1904, p. 1209; Jungelka G., Metall und Erz, Halle, 1915, Jg. 12, p. 235; Haight H. R., Chem. a. Metall. Eng., N. Y., 1920, v. 23, p. 1257. Д. Степанов.

#### Кадмиевые краски.

Сернистые соли К. при обработке их хромовокалиевой солью или сернистым водородом образуют ряд желтых красок различных тонов—от светложелтого до темного. Хромовокадмиевая желть готовится осаждением из растворов желтого хромовокалиевого калия,  $K_2CrO_4$ , и сернистой кадмия,  $CdSO_4$ . Выпавший осадок, хромовокалиевый К.,  $CdCrO_4$ , имеет красивый желтый тон, не уступающий свинцовой хромовой желти; его отфильтровывают, промывают и сушат. Краска эта имеет большое распространение в художественной живописи; в малярном деле она имеет малое применение, т. к. изменяется от атмосферных влияний. Кадмиевая желть (по химич. составу сернистый К.,  $CdS$ , в природе встречается в виде минерала гринокита) вырабатывается двумя способами: мокрым и сухим. При мокром способе кадмиевая желть получается пропусканьем сероводорода через подкисленный раствор сернистого К. или же действием на последний раствора сернистого натрия согласно уравнениям:



Светложелтый тон, начиная с лимонно-желтого, получаются при пропусканьи сероводорода в раствор  $CdSO_4$ , не содержащий примеси цинка; при осаждении сернистым натрием получаются более темные тона краски, а при выработке сухим путем тон краски можно получить любой густоты. Материалами при сухом способе служат углекислый К.,  $CdCO_3$ , и порошкообразная сера. Засыпка тигля идет в последовательном порядке: сперва засыпают  $CdCO_3$ , а потом слой порошкообразной серы, причем последний берут вдвое больше по весу, чем соли К. Температуру нагрева доводят до белокалильного жара. Если при остывании получается краска нежелательного желтого тона, то к ней добавляют серы и вновь прокавливают. Затем массу растворяют в горячей воде, осадок фильтруют, промывают и сушат. Этот способ дает шесть оттенков краски—от лимонно-желтого до темнооранжевого. Кадмиевая желть как краска стойка к слабым щелочам и к-там; в сухом виде она хорошо смешивается с ультрамаринном, образуя красивого тона зеленую краску, известную под названием кадмиевая зелен.

Кадмиевые краски нельзя смешивать с медными красками, т. к. с последними они изменяют цвет и разрушаются. При смешивании с олифой они дают прочные масляные краски, обладающие хорошей укрывистостью. Кадмиевые краски применяются в художественной живописи и рисовании по фарфору, в печатном и в малярном деле. Для удешевления в продаже их фальсифицируют примесью желтого хрома, гипса и мела. Смесь кадмиевой желти со свинцовыми белилами идет в торговле под названием Жаппе brillant.

С. Михайлов.

Лит.: см. Краски минеральные.

**КАЗИИ**, белковое вещество (см.) группы нуклеоальбуминов, добываемые из молока млекопитающих. Ниже показано содержание К. в молоке женщины и различных животных (%). В молоке:

Женском . . . . .	0,5	Кобыльем . . . . .	1,3
Коровьем . . . . .	8,15	Ослины . . . . .	0,7
Козьем . . . . .	3,8	Буйволицыи. . . . .	3,96
Овечьем . . . . .	4,6	срп. . . . .	4,28

Чистый К., по Гаммарстену, содержит: 52,95—54,22% С, 7,05—7,07% Н, 15,42—15,91% N, 21,57—23,14% O, 0,72—0,91% S и 0,847—0,89% P. В сухом виде К.—гидрофильный коллоид, белый аморфный порошок, к-рый набухает в воде, но практически нерастворим в ней. Он нерастворим также в спирте и эфире, но растворяется в водных растворах солей слабых к-т (буры, шавелевокислого калия, углекислых солей и др.) и в едких щелочах, образуя металлч. производные своеобразного характера, распадающиеся при нагревании выше 50°. В слабых соляных растворах (напр. KCl или NaCl в воде в пропорции 1 : 1000) К. также растворим. Сильные минеральные к-ты определенных концентраций способны растворять К., причем эта способность зависит от природы к-ты и от t°; напр. 1/2 N HCl хорошо растворяет К. при 12—15°, тогда как 1/10 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>—только при нагревании; при кипячении таких растворов К. не свертывается. Сухой препарат К., будучи нагрет до 94—100°, разлагается с образованием легко растворимого в щелочах и з о к а з е и н а. При повышении t° до 140—150° К. переходит (до 65%) в белковое вещество, растворимое в воде, но нерастворимое в щелочах. Реакция К. слабо кислая; уд. в. 1,259.

Нек-рые исследователи считают К. шестисосновой к-той с мол. весом 6180, другие—четырёхсосновой к-той с мол. весом 4540; эти величины мол. в. чрезвычайно спорны, т. к. определение их производилось разными исследователями по различным методам. По данным изысканий Копа Гендри и Прентиса Бергрена (1925 г.), мол. вес К. принят в 12 800. По данным Зайковского, мол. в. К. ≈ 20 000 (определено из вращательной способности растворов К.). Новейшие данные, основанные на рентгеноскопич. исследованиях, показали, что период решетки у К. значительно меньше, чем предполагаемые размеры молекулы, основанные на прежних методах испытаний. Растворы К. в присутствии нейтральных солей обнаруживают кислую реакцию, и для нейтрализации их необходимо затратить строго определенное количество щелочи, а именно, на 1 г К.—

8,1 см<sup>3</sup>  $\frac{1}{10}$  N раствора NaOH. Изоказеин обладает в сравнении с К. большей кислотностью: для нейтрализации 1 г его требуется 10,4 см<sup>3</sup>  $\frac{1}{10}$  N NaOH. К. амфотерен: кислотный характер его обуславливается повидному присутствием кислотных групп, основной же характер—присутствием аминогрупп. Кислотный характер выявлен в К. яснее, чем основной, что доказывается его способностью вытеснять СО<sub>2</sub> из углекислых щелочей.

К. обладает способностью образовывать как кислые, так и средние соли—к а з е и н а т ы, чем пользуются при получении чистого К. путем диализа. При этом установлено, что чем слабее щелочь, связанная с казеином, тем сильнее диссоциация соли. Казеинаты, в зависимости от числа атомов металла, вошедших в молекулу К., носят название моноказеинатов, диказеинатов и триказеинатов. Диказеинаты при пробе на лакмус дают реакцию нейтральную, триказеинаты на лакмус—щелочную, а на фенолфталеин—нейтральную. Растворы К. в присутствии солей щелочных (например 1 г КСl в 1 л Н<sub>2</sub>O) и щелочноземельных металлов представляют собой коллоидальн. псевдорастворы, которые при фильтровании на ультрафильтре не проходят через него. К. в молоке находится в виде кальциевой соли в коллоидально растворенном состоянии. Аналогом может служить раствор К. в известковом молоке, нейтрализованный фосфорной к-той; он является псевдораствором, в к-ром К. и фосфорнокислый кальций остаются во взвешенном состоянии. В нейтральных растворах К. показывает  $[\alpha]_D^{20} = 80^\circ$ , в слабо щелочных  $[\alpha]_D^{20} = 76^\circ$ . Концентрация водородных ионов в щелочном растворе К. приближается к  $P_n = 8,5$ , хотя обычно  $P_n$  приближаются не выше 7,5.

Для промышленного получения К. служит коровье молоко (см. Молоко). Для выделения К. из молока могут служить: а) кислоты—молочная, соляная, уксусная, серная, азотная и б) сычужная закваска. При обработке молока к-тами получают чистый К., при сычужной закваске—т. наз. параказеин (калье). Из сопоставления данных химического анализа (табл. 1) видна разница между химич. составом К. и параказеина.

Табл. 1.—Химический анализ К. и параказеина.

Наименование	С	Н	N
Казеин . . . . .	52,96	7,05	15,65
Параказеин . . . . .	52,88	7,00	15,84

Молоко, употребляемое для выработки К., д. б. снятое или из-под сепаратора (тощее молоко), с содержанием в нем жира не выше 0,1—0,5%. Свойством К. выпалать из молока при действии сычужной закваски пользуются в сыроварении (см.).

**Получение К.** В промышленности имеют распространение главн. образом 2 способа: 1) самозаквашивание молока (молочнокислое брожение) и 2) обработка молока сычужной закваской; иногда применяют также створаживание молока соляной или уксусной

к-той. В хозяйствах, где сыровотка идет на откорм сел.-хоз. животных (поросят, телят), последние способы недопустимы, т. к. получаемые отбросы производства не м. б. использованы по прямому назначению из-за высокого %-ного содержания к-т. Для определения содержания К. в молоке пользуются следующей формулой:

$$K = \left( b - \frac{t(100+a)}{100} \right) \cdot 0,11315,$$

где К—весовое количество К., b—количество  $\frac{1}{10}$  N щелочи в см<sup>3</sup>, израсходованной при титровании смеси молока, к-ты и воды, t—количество щелочи в см<sup>3</sup>, израсходованной при титровании фильтрата, a—количество к-ты в см<sup>3</sup>, прибавленной для створаживания. Расчет ведется на 20 см<sup>3</sup> исследуемого молока.

Получение К. по способу молочнокислого брожения молока состоит в том, что тощее молоко при  $t = 28-30^\circ$  сливают в цинковые (или оцинкованные) котлы с водяным или паровым обогревом емкостью до 1 200 л. Слитое молоко оставляют в покое для брожения, происходящего под влиянием бактерий *Bacterium lactis acidii*, переводящих лактозу в молочную кислоту, к-рая и свертывает К. молока. Для ускорения процесса иногда прибавляют к тому, что слитому молоку небольшое количество кислого молока из расчета 1,5—2% летом и 2,5—3% зимой. Котлы д. б. плотно прикрыты деревянными крышками. Время, необходимое для сквашивания молока, колеблется в пределах от 6 до 7 часов:  $t^\circ$  помещения поддерживается в пределах от 18 до 20°. Начало свертывания молока—наиболее важный момент в процессе. Спустя 12—20 мин. от начала свертывания содержимое котлов осторожно перемешивают специальным инструментом—сырным ножом (голландской лирой) в течение 2—3 мин; затем, не переставая помешивать, нагревают паром или горячей водой до 55—60°. При правильно проведенном процессе получают К. в форме комков величиной в лесной орех. Большой размер кусков творожки—показатель несвоевременного, раннего перемешивания; меньший—указывает на то, что молоко перекисло. Как только содержимое котла нагрето до 55—60°, перемешивание прекращают, смеси дают отстояться и сливают пахту (сыровотку). Оставшийся в котле К. промывают в теплой (50—62°) воде в том же котле при непрерывном помешивании в течение 15—20 мин, затем сливают воду и еще дважды промывают К. в холодной воде.

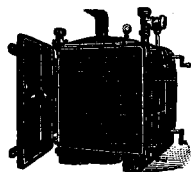
При получении К. по способу сычужной закваски и снятое или тощее молоко нагревают до 35—37° и вводят в него сычужный экстракт (раствор сычужного фермента), добываемый из сычуга молочных телят, который и вызывает полное свертывание молока. Сычужный фермент содержит энзимы, выделяемые слизистой оболочкой сычуга; энзим, которому приписывают свертывающее действие, в последнее время отождествляется с пепсином, т. е. этому энзиму приписывают способность как свертывать молоко, так и переваривать белок. Свежеприготовленная сычужная закваска створаживает молоко при соотношении 1 ч. закваски на 18 000 ч. молока, при  $t^\circ 35^\circ$ , в



40 мин. Действие приготовленной закваски с течением времени ослабевает, но максимум потери даже при долговременном хранении не превышает 30%. Иногда употребляют сычужный порошок—сухой экстракт, представляющий собою осажденные из жидкой закваски ферменты. Процесс получения К. при применении сычужного порошка длится минут 30—35, при  $t^{\circ}$  30—40°.

О с а ж д е н и е К. соляной к-той производится из нагретого до 55° тощего молока,  $\frac{1}{5}$  N раствором HCl из расчета 3 л раствора на 100 л молока. Промывка свежеполученного К. производится холодной водой на специальном покатом столе. Процесс осаждения К. уксусной к-той одинаков с предыдущим, количество к-ты, потребное для створаживания молока, определяют опытным путем в зависимости от крепости к-ты.

Полученный тем или другим способом сырой К. сыплют в холщевые мешки и отжимают из него воду на творожном прессе или удаляют ее при помощи специальной центрифуги. Отжатый К. пропускают через дробилку и полученную «крупку» К. просушивают в сушилке при 37—50° (лучше принимать за норму низшую  $t^{\circ}$ ) при хорошем отсыревании воздуха. Для той же цели употребляют сушильные барабаны с подогревом и вакуум-сушилки (фиг. 1). От умения владеть процесс сушки часто зависит качество приготовляемого К. Непременное условие—чтобы вся масса казеина, помещенная в сушилку, просыхала равномерно. Плохо просушенный казеин не выдерживает долгого хранения и быстро загнивает, приобрета



Фиг. 1.

етая неприятный запах. Размол высушенной крупки К. производят на эксцентрикомельницах с каменными жерновами. Размол К. в мельницах с железными рабочими частями не допускается, так как пропущенный через них казеин содержит железо, являющееся вредной примесью. После сушки К. представляет собой матово-белую или желтоватую крупку; буроватая окраска К. показывает, что он был приготовлен из плохо обезжиренного молока.

Технические условия и методы испытания К. изложены в ОСТ (№ 393).

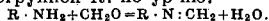
К. как товар. Ниже приведены результаты анализов К. по образцам товара, поступающего на германский рынок (в %, из 13 проб):

	От	До	Среднее
Вода . . . . .	7,27	10,50	9,23
Жиры . . . . .	0,23	2,06	0,85
Золь . . . . .	3,53	4,95	4,07
Азот . . . . .	12,52	13,44	12,99

Подмесь к К. крахмала, мелкого песка, глины и т. п. является фальсификацией, т. к. даже незначительное количество этих примесей часто делает всю часть товара мало пригодной для химич. переработки и приходится предварительно очищать его на специальных триерах или удалять нерастворимый осадок уже из раствора.

Применение К. в промышленности с каждым годом увеличивается (см. *Бальмовые вещества*, п р и м е я н и е); главн. обр. он применяется в производстве различных пластич. масс, клея и малярных красок.

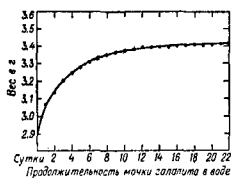
Пластические массы из К. При изготовлении пластич. масс, в состав к-рых входит К., необходимо учитывать следующие его свойства: 1) чистый К. практически нерастворим в воде, хотя он и обладает гигроскопичностью; 2) при продолжительном действии воды на К. наступает его частичное разложение; 3) при нагревании К. с водой процесс разложения ускоряется; 4) К. после такой обработки водой обладает меньшей основностью и при отсыревании образует студенистую массу. Замечено, что при гидродлитич. разложении К. имеет место выделение сероводорода. Присмес формалина к воде, в которой производится набухание К., делает К. нерастворимым в щелочах и минеральных к-тах. Действие формалина на К. объясняется тем, что формальдегид вступает в реакцию с аминогруппой К. по у-то:



Меньше сравнивает такое действие формалина с дублением. При обработке формалином, кислотность К. значительно повышается, т. к. функция аминогрупп исчезает, а кислотные группы остаются без изменения. Продукт обработки К. формалином представляет собою пластич. массу, обладающую многими технически ценными качествами, благодаря чему он имеет широкое применение в промышленности под названиями: галалит, неолит, карналлит, акалит, эрионид, лактоид, зоолит, казолит, лактолит и др. Впервые патент на изготовление пластич. масс из К. был взят в 1885 г. в Германии.

Сущность мокрого процесса изготовления галалита заключается в том, что К., растворенный в щелочи (напр. в 2—2,5%-ном растворе едкого натра), осаждают вновь из раствора к-той (уксусной, соляной, серной и др.); коагулированный К., если надо, окрашивают красками (анилиновыми или хромовыми), смешивают с каким-либо наполнителем (цинковые белила, минеральные краски) и прессуют под большим давлением. Полученный фабрикат обрабатывают для отверждения формалином. Продолжительность дубления формалином зависит от толщины изделия. Материал после отверждения подвергают медленной сушке. Сущность с у х о г о п р о ц е с с а состоит в том, что тонко измельченный порошок К. при высоком давлении и соответственном нагревании (применяемых одновременно) превращается в пластическую массу, которая затем подвергается отверждению и сушке. Многочисленные патенты, взятые на изготовление галалита, по своей рецептуре в основном мало отличаются друг от друга. Уд. в. галалита колеблется от 1,2 до 1,4, содержание воды—от 8 до 50%; галалит огнебезопасен, но не огнестоек; он хорошо режется, обрабатывается и шлифуется; устойчив по отношению к к-там, жирам, маслам, бензину, эфиру и спирту, гигроскопичен; твердость по шкале Моса ~ 2,5. Применение галалитоподобных масс из К. в качестве электроизоляционного материала ограничено

в виду его довольно высокой гигроскопичности (см. фиг. 2). Галадит, в сухом состоянии имеющий диэлектрич. крепость ок. 700



Фиг. 2.

$V/мм$ , после пребывания в течение 7 дней во влажном воздухе понижает ее до 110  $V/мм$ .  
Применение галадита в подложности весьма разнообразно: из него выделывают ручки для зонтиков, пуговицы, ручки для перьев, электрические выключатели, граммофонные пластинки, части для радиоаппаратуры и проч. Из казеина изготавливаются и другие пластические массы, часто носящие название, мало их оправдывающие, например: искусственная слоновая кость; искусственный рог, черепаха и прочее. В табл. 2 приведена рецептура изготовления некоторых казеиновых пластических материалов такого рода (данные заимствованы из патентов).

Рецепты приготовления казеинового клея (в весовых частях): 1) 100 ч. сухого К. (кислотного) в порошок смачивают 200 ч. воды (или 280 ч. воды—при сычужном К.); когда К. набухнет, к нему прибавляют известковое молоко, приготовленное из 15 ч. негашеной извести и 90 ч. воды; к полученной смеси добавляют 70 ч. жидкого натриевого стекла (уд. в. 1,4); смесь хорошо вымешивают в течение 20—30 м. Такой клей готовят перед самым употреблением; сохранять его в готовом виде можно не дольше 5—12 час.; он водоупорен. 2) Клей, приготовленный по рецепту С.-Америк. авиац. бюро, содержит К. 100 ч., гашеной извести (пушонки) 18 ч., едкого натра 11 ч., фтористого натрия 3 ч., парафинового масла 1,5 ч. и воды 250 ч. 3) Клей для бумаги, годный для долгого хранения, содержит 10 ч. К. в порошок (или 30 ч. отжатого творога), 1,5 ч. буры, 50—60 ч. воды и несколько капель какого-нибудь антисептика (напр. спиртового раствора тимола). 4) Клей для стекла и фарфора: 10 ч. К. в порошок дают набухнуть в 10 ч. воды; к полученному тесту добавляют 2,5 ч. гашеной извести (пушонки). 5) Клей для склейки пер-

Табл. 2.—Рецептура изготовления некоторых казеиновых пластических масс.

Название массы	Ингредиенты	Весовые части	Порядок обработки
Масса Липсентали	Казеин, свежееотпрессованный Гидрат окиси стронция Мраморная пыль	1 1 3—4	После тщательного смешивания формируют под большим давлением
Масса Горна	Казеин в порошок Вода Едкоеkali Серя в порошок	100 200 5—10 10—30	Из массы готовят листы различной толщины или отливают изделия в формах; фиксирование готовых изделий производят в ванне с растворимым стеклом; эластичность зависит от количества серы
Масса для штамповки мелких изделий	Казеин в порошок Нашатырный спирт Вода Негашеная известь в порошке Глинозем Квасцы Гипс Олифа	200 50 400 240 150 50 1300 100	Изделия отпрессовывают из массы в нагретых формах; готовые изделия фиксируют в растворе 10 вес. ч. фосфорной к-ты на 100 ч. воды; лакируют шеллаковым лаком
Искусственный рог	Казеин, свежееотпрессованный Костяная мука (или гипс, каолин) Стеария Пигмент (анилин. краска)	70 28 2 0,25—0,5	Смесь нагревают при перемешивании до 80°, затем прессуют в горячих формах. Отформованные изделия высушивают в ванне с растворимым стеклом (2 сут.). Сушат при t° не выше 20°. Отделяют шпифовой в барабанах или покрывают лаком
Масса, заменяющая целлюлоид	Казеин Шубный клей (или желатина) Натровое жидкое стекло Пигмент (анилин. краска)	20 200 30 0,25	А) Размоченный в воде клей распускают на водной бане. Б) Казеин, жидкое стекло и пигмент перетраивают в однородную массу. Затем соединяют части А и Б и после тщательного вымешивания массу выделывают на стеклянный стол; фиксируют в растворе дубильной к-ты или квасцов

Клей из К. казеиновому клею предостит в значительной мере вытеснить животный клей в промышленности, и в домашнем обиходе, т. к. изготовление клея из К. крайне просто, а по крепости он не уступает лучшим сортам столярн. клея. По способности связывания разнородных материалов (напр. дерева с камнем) этот клей стоит на первом месте.

гаментной бумаги: 100 ч. К., 1 ч. двуххромовокислого калия и 50—75 ч. воды; для консервирования добавляют несколько капель спиртового раствора тимола (или салолла). 6) Универсальный клей: 30 частей казеина, 100 частей воды, 25 частей нашатырного спирта и 10 частей жидкого стекла; для консервирования добавляется 0,05 ч. салолла.

Клеящие растворы казеина применяются при изготовлении некоторых сортов линолеума, искусственного волокна, суррогатов пробки, изоляционных и электроизоляционных материалов, для проклейки бумаги, в фанерном производстве, при изготовлении саложных вакс и политуры, в живописи, в малярном деле, при выделке имитационной кожи, в мыловарении, в фотографической технике и других отраслях промышленности.

Применение К. в производстве красок в настоящее время очень развито и увеличивается с каждым годом. Краски, изготовленные на казеиновом клее, образуют твердую пленку, пористость которой меньше, чем у красок, изготовленных на животном клее (столярном или малярном). Казеиновые краски стойки при различных атмосферных условиях (реагируя с известью штукатурки, они образуют нерастворимый казеинат кальция), обладают красивым матовым тоном, отличаются несложностью изготовления и относительной дешевизной. Для сушки окрашен. поверхностей (до образования плотной пленки) требуется от 12 до 48 часов, в зависимости от состава краски и техники. подготовки окрашиваемой поверхности. Казеиновые краски хуже всего держатся на плотных поверхностях, напр. на гипсе; но на стекле эти краски (с известью) держатся лучше, чем масляные. Хоршую казеиновую краску для покрытия оштукатуренных стен (снаружи и внутри здания) готовят из 10 ч. К., 120 ч. воды, 2 ч. буры, 5 ч. гашеной извести (пушонки) и 25—35 ч. мела в порошок. Полученный раствор м. б. окрашен в любой цвет минеральными (земляными) красками. Иногда к раствору прибавляют эмульсию, приготовленную из олифы и нашатырного спирта в отношении 2 : 1; на указанную пропорцию ингредиентов раствора берут от 1 до 2 ч. эмульсии. Процесс приготовления раствора состоит в следующем. Сначала распускают в 80 ч. воды 10 ч. К. и 2 ч. буры на водяной бане, нагревая раствор не выше 80°, затем постепенно вливают еще 30 ч. воды и снимают с огня. Когда раствор остынет до 25—30°, в него вливают эмульсию и раствор гашеной извести (10 ч. воды и 5 ч. извести). Масса д. б. хорошо вымешана в течение 10—15 мин. Краска в порошок (мел, охра, мушкет, сажка, зеленая земля, графит) разбавляется до необходимого оттенка в указанном выше растворе. Если полученный раствор краски пропустить через краскотерку, то краска будет ровнее ложиться на окрашиваемую поверхность.

Из К. готовят дешевые водные лаки. Рецепты таких лаков: 1) 10 ч. К. распускают без подогревания в 75 ч. нашатырного спирта; подкрашивают анилиновыми красками, растворенными в воде; 2) 1 ч. К. и 1,5 ч. пчелиного воска растворяют в 3—8 ч. нашатырного спирта; подкрашивают также анилиновыми красками; 3) 10 ч. К. и 5 ч. буры растворяют в 60 ч. воды; лак сохнет быстро, дает прозрачную пленку. В литературе имеется также обширная рецептура по составлению различных казеинсодержащих «растворителей» для малярных красок.

Применение К. в пищевой промышленности и медицине довольно велико. Свежий К.—творог, осаждаемый из молока самозаквашиванием,—представляет собою здоровую и питательную пищу. Кроме того из К. в настоящее время изготавливают: искусственное саго, питательный препарат (плазмон), диетическая мука Neudebesch'a (мука+дрожжи+препарат «Плазмон»), суррогат яичного порошка (Lacto-Eipulver), «святяческое молоко» (патент Гильса, 1903 г.) и др. патентованные препараты. К. входит как одна из гл. составных частей в питат. препарат «Санатоген» и пр.

Применение К. в текстильной промышленности—см. *Водонепроницаемые ткани и Ситцепечатание*.

**Зномина.** К. экспортируют следующие страны: Аргентина, Австралия, Новая Зеландия, Франция, Англия и Британская Индия. Импортуют К.: США, Германия, Англия, Канада и Япония. Казеиновая промышленность в ряде стран в настоящее время быстро развивается. Так например, Австралия экспортировала в 1913 г. 3 446 т К., в 1920 г.—7 678 т, в 1925 г.—18 300 т. Аргентина поставляет К., получаемый по способу самозаквашивания, расцениваемый на рынке выше американского. Потребители аргентинского К.—США, Германия и Англия. Из Австралии в 1920 г. было вывезено ок. 80 т К., а в 1923 г.—ок. 500 т. Среди европ. стран первое место по производству К. занимает Франция, вывозящая ежегодно преимущественно смышленый К. в количестве (до 1914 г.) ок. 7 000 т. Германия, помимо К., вывозимого в стране, в 1925 г. вывезла его ок. 20 000 т (из Аргентины, Франции, Англии, Британской Индии, Норвегии, Финляндии, Новой Зеландии и Австралии). Голландия производит своего К. до 150 т и ввозит ок. 50—100 т ежегодно. В США выработка К. внутри страны за 1920 г. достигла 11 000 т, а ввоз—12 000 т. В Швейцарии выработают по несложному методу; регулярной выработки К. не существует, выработают его только при переработке сыра и сухого молока. В Канаде выработают К. не более 300 т в год. В таком же положении и Япония: в 1926 г. было выработано ок. 500 т К., тогда как потребление с каждым годом увеличивается; Япония вывозит К. гл. обр. из Австралии и Новой Зеландии. Лит.: ОСТ 393, М., 1923; Патент С. С. У. Молокоделие и молочное дело, М.—Л., 1927; К у т р и н, Казеин и его производство из молочных кооператив. —Лях; «Торговый бюллетень», изд. Торгпредства СССР в Германии, Берлин, 1926; 22; М и н е Л., Коллоидная химия и ее применение в промышленности, пер. с франц., М., 1926; И н х о в Г. С., Химия молока и молочных продуктов, ч. 1, М.—Л., 1928; Р о б е р т о н В., Белковые вещества, СПб., 1913; С т е р н и с т е р Е., Casein a. Its Industrial Applications, N. Y., 1927; H e n k e l Th., Kaseinchemie d. Milchwirtschaft, 2 Aufl., Stg., 1909; S c h e r e r R., Das Kasein, seine Darstellung u. technische Verwendung, 2 Aufl., Wien—Lpz., 1919; B l ü c h e r H., Plastische Massen, Leipzig, 1924; L e h n e r S., Die Imitationen, 3 Auflage, Wien—Lpz., 1926; «Revue générale du lait», Lyon, 1909, 7; «Sensienzeitung», Augsburg, 1914, 1916; «Fard and Lact», Chateaufort, 1913; «Käse-Käufer», Hannover, 1917; «Kunststoff», Mch., 1911, p. 84; ibid., 1912, 2, 6; ibid., 1915, 5, ibid., 1916, 6; ibid., 1917, 7; ibid., 1919, 9; B u l t e m a n n A., Die Fabrikation elektrischer Isolierstoffe u. ihre Ziele, «Der elektrische Betrieb», В.—Mch., 1923, Jg. 21; The Pharmacopoeia of the U. S. A., 10 ed., Philadelphia, 1926; C l a r k W. M., Studies on Technical Casein, «J. Eng. Chem.», N. Y., 1920, 72, p. 1162; «Scient. Proc. of the Royal Dublin Society», New York, 1918, t. 45, 29; Анст. П. 46983, 3104, 43463, 34155, 53882, 60156; Австр. П. 2027, 169405/20, 6700, Ам. П. 1023022/12, 1031814, 1159878/15, 159189/15, 839129/18, 1511003/24, 1112297/14, 1360356/20, 1452086/23, 729220, 788857, 582915, 7396657; Г. П. 127942, 115681/99, 201214/05, 216215/05, 240249/10, 264567/12, 292282/13; 240584/09, 168818, 107637, 141309/02, 147944/01, 275160, 255839, 272517, 247189, 262329, 19125, 366014, 293510, 281519, 438782, 106461, 37072, 85588, 82959, 33339, 181605, 203367, 288319, 411298, 743800, 104956, 200139, 65165, 242467, 272517, 255953, 216214, 123815, 229906, 252705, 253518, 275016, 185240, 56026, 198457, 229204, 22003, 70776, 296124, 297861, 258370, 200919, 154289, 118355, 42155, 201214, 106446, 258614, 183818, Ф. П. 425204/11, 381896/05, 450635/12, 3870141, 405134, 432204; Швейц. П. 30839, 61423, 52507. Н. Равичин.

**КАКАО-МАСЛО**, масло бобов какао (см.), получаемое горячим прессованием (при 70—80°) семян, содержащих 37—56% масла. К.-м.—твердое масло, светложелтого цвета, с приятным запахом какао, содержит глицериды, б. ч. смешанные, жирных к-т (олеодистеарин, олеодипальмитин) и свободные кислоты в количестве 0,55—0,98%. Уд. в. масла  $D_{15} 0,945—0,976$ ,  $t_{пл.} 28—35,5^{\circ}$ ,  $t_{заст.} 20—27^{\circ}$ , коэффициент омыления 192—203, иодное число 28—42; рефракция при 40°—1,4572. К.-м. применяют в шоколадном производстве и в фармации для приготовления суппозитивов (какаовых свечей).

**КАНОДИЛ**, см. Мышьяка соединения органические.

**КАЛАНДР**, машина, применяемая в бумажном производстве для придания бумаге особенно гладкой поверхности (доска) и глянца. При этом прочность бумаги на разрыв увеличивается, а на излом уменьшается. Производительность каландра в кг/ч чистой работы:

$$p = 0,06 \cdot B \cdot v \cdot q,$$

где  $B$ —ширина полотна бумаги в м,  $v$ —скорость хода в м в мин. и  $q$ —плотность бумаги в г/м<sup>2</sup>. Потребная мощность для К. в HP

$$N = k \cdot 0,01 \cdot i \cdot v \cdot B,$$

где  $k$ —коэффициент, зависящий от силы натяжения и равный 2—3,5, а  $i$ —число валов; остальные обозначения прежние. Современные К. строятся с расчетом на потребную мощность до 170—220 HP (подробности см. Бумажное производство).

**К. фриക്ഷонный** имеет своим назначением получение очень сильного лоска преимущественно для крашенных бумаг. Он обычно состоит из трех валов, вращающихся с различными окружными скоростями, что достигается передачей движения от вала к валу не посредством трения их соприкасающихся поверхностей, как у обыкновенных К., но при помощи шестерен, насаженных на ось каждого вала. Число зубьев для соприкасающихся шестерен не соответствует отношению диаметров их валов, благодаря чему и получается принудительное скольжение двух соприкасающихся поверхностей валов. При прохождении листа бумаги между валами это принудительное скольжение, значительно большее, чем у простых К., происходит на обеих сторонах бумаги, чем и достигается исключительно высокий глянец ее. Верхний и нижний валы К. выполняются из закаленного чугуна, а средний набирается из трипичной бумаги (см. Бумажное производство). К. в текстильном производстве — см. *Аппретура текстильных изделий*.

Лит.: 1) Leicester Sh., «Wochenblatt für Papierfabrikation», Biberach a/Riss, 1911; см. также Бумажное производство.

**КАЛИБРЫ**, бескальные мерительные инструменты, служащие для контроля размеров, форм и взаимного расположения частей изделий путем сравнения последних с ними. В сравнении с другими мерительными инструментами К., а в частности предельные К., позволяют производить даже малоопытному персоналу гораздо более точные, быстрые и, что очень важно, совершенно объективные измерения, почему они и вытесняют в последнее время все другие виды измери-

тельного инструмента, особенно в массовом производстве. Их недостатком является необходимость наличия значительного числа К., т. к. для каждого диаметра и каждой посадки (см. Допуски) необходимо наличие 2 предельных К. для вала и 2—для отверстия.

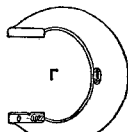
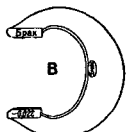
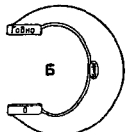
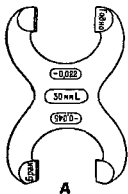
К. разделяются на две большие группы: нормальные и предельные К. Первые представляют собой обычно негатив подлежащей измерению части (т. е. напр. для вала—отверстие, для отверстия—вал, для конуса—штулка, для гайки—болт), имеющий в точности требуемый чертежом номинальный размер. Измерение совершается в этом случае сравнением контролируемого предмета с К. и основывается исключительно на опытности и тонкости чувств контролирующего. Способ этот, как требующий высокой квалификации контролирующего и, что самое важное, в значительной мере субъективный, в настоящее время применяется почти исключительно для проверки рабочих К. Тем большее распространение получили предельные К., состоящие для каждого размера и посадки из двух К., причем один имеет минимальные, а другой максимальные допустимые для данной части размеры; ясно, что через один из этих К. испытуемый предмет должен свободно проходить и задерживаться на другом. Тот из К., через к-рый предмет должен проходить, называется *проходным* К. и обозначается знаком +, «годно», «gut» (нем.), «go» (англ. и амер.); другой же, через к-рый не должен проходить предмет, прошедший уже через проходной, называется *браковочным* К.: знак —, «брак», «Aussch.» (нем. Ausschuss), «Not go» (англ. и амер.); по внешнему виду браковочные К. отличаются более короткими мерительными поверхностями и обычно еще окраской в какой-либо яркий цвет (по DIN—яркокрасная полоса). По роду работы и по связанной с ним точности изготовления, абсолютной величине допусков и допускаемому износу К. делятся на рабочие, приемочные (К. браковщика), контрольные и справочные или образцовые. К. разряду рабочих К. относятся К., употребляемые непосредственно рабочими для обмера изделий при их изготовлении, К., употребляемые цеховыми браковщиками или контролерами для проверки изготовленных рабочими изделий—К. браковочные, а также те, к-рыми пользуются заказчики для проверки принимаемых изделий—К. приемочные. Рабочие К. в процессе работы меняют свои размеры вследствие естественного изнашивания и по причинам случайного характера (напр. удары); поэтому необходимо периодически проверять правильность их размеров. Для этой цели служат другие К., называемые контрольными. В свою очередь контрольные К. также периодически проверяются при помощи специальных приборов (оптиметр, измерительная машина), градуируемых измерительными плитками и вообще концевыми мерами. В некоторых случаях контрольные К. могут быть поверяемы непосредственно при помощи особых справочных К. или для К. особых форм—заводскими и образцовыми К. Рабочие К., контрольные К. и заводские образцы образуют

категорию К., называемую производственными мерами.

По постановлению президиума ВСНХ СССР все справочные К., применяемые на заводах и в мастерских для проверки правильности производственных мер, а также для градуировки измерительных машин, подлежат обязательной периодич. проверке через каждые 12 месяцев в Главной палате мер и весов или в местных поверочных палатах мер и весов. Если з-ды и мастерские не имеют в своем распоряжении справочных К., они обязаны периодически представлять для проверки в одно из названных выше учреждений свои контрольные К. Срок периодич. проверки контрольных К. установлен в 6 месяцев. Изложенная выше классификация К. утверждена в 1927 г. президиумом ВСНХ СССР. С некоторыми видоизменениями она применяется во всех странах Европы и США.

В СССР еще не установлено стандартов К. ни со стороны формы, ни со стороны размеров, ни со стороны обозначений. Имеется лишь проект стандартов, разработанный Главной палатой мер и весов и относящийся к допускам на неточность изготовления К. рабочих, К. приемщика и контрольных К., а также к допускам на износ рабочих К. Поэтому дальнейшее изложение основано преимущественно на нормах герм. промышленности (DIN), причем оно охватывает исключительно К. для гладких изделий. О К. для проверки резьбы см. *Витцовые калибры*.

Рабочие К. для обмера валов имеют форму скоб; форма различных предельных скоб указана на фиг. 1, А—Г. Скобы, служащие для обмера валов  $\varnothing$  не свыше 100 мм, имеют форму, показанную на фиг. 1, А. На одной стороне скобы обозначены: номинальн. размер вала, обозначение посадки, верхний и нижний пределы допусков, а также слова «годно» или «брак» соответственно на каждой из обеих скоб. На другой стороне помещается название фирмы и нормальная  $t^{\circ}$  (20°). Браковочная скоба окрашивается по внутренней стороне в яркокрасный цвет. Скобы различных классов точности (см. *Допуски*) различаются между собой по основной окраске: скобы первого класса окрашены в яросиний цвет, второго класса — в черный, третьего — в желтый, четвертого — в зеленый. Для обмера валов диаметром свыше 100 мм применяются обычно комплекты, состоящие из двух ординарных скоб (фиг. 1, Б и В). Кроме того употребительны скобы, дающие в одном целом как приемный, так и браковочный



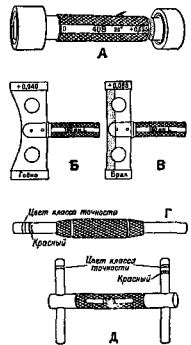
Фиг. 1.

размеры (фиг. 1, Г). При контроле ставят К. отверстием на вал; при этом проходная скоба должна легко надеваться на вал без усилия под действием своего веса, браковочная же скоба должна в крайнем случае только «закусывать» вал.

К. браковщика для обмера валов представляют собою те же рабочие скобы, но с проходной стороной, изношенной до половины установленного допуска на износ; это устраняет возможность браковки изделий вследствие расхождения в размерах К., не выходящего за пределы установленных допусков.

К. приемщика для обмера валов по форме вполне совпадают с рабочими скобами, имеют те же обозначения. Внешним отличием К. приемщика от рабочих К. являются полоски белого цвета.

Рабочие К. для обмера отверстий бывают трех различных форм. При номинальном размере отверстий не свыше 100 мм они представляют собою две пробки, насаженные на соединительную ручку ( $\varnothing$  30—70 мм) либо составляющие с этой ручкой одно целое ( $\varnothing$  1—30 мм); рифленая ручка имеет односторонний плоский срез, на котором помещены обозначения, аналогичные тем, какие имеются на скобах (фиг. 2, А). Для распознавания класса точности на ручке сделана со стороны браковочной пробки заточка, к-рая и окрашивается в соответствующий цвет (яросиний, черный, желтый или зеленый). Для обмера отверстий  $\varnothing$  100—250 мм применяются плоские К., согласно фиг. 2, Б и В, по два К. для каждого размера и посадки. Измерительные цилиндрические поверхности плоских К. вышлифовываются на концах самой пластины К. или на специальных плитках, вставляемых в пазы с двух сторон. На пластине браковочного К. делается полоса яркочерного цвета. Для распознавания классов точности пластины окрашиваются в соответствующий цвет. Для обмера отверстий, имеющих номинальный диаметр свыше 260 мм, применяются особые концевые меры или штихмасы, причем служащие для измерений концы их отшлифованы по шаровой поверхности; для каждого размера и посадки требуются два штихмаса (фиг. 2, Г). Оба штихмаса м. б. соединены специальным держателем в один К. (фиг. 2, Д). Необходимые обозначения делаются на цилиндрич. поверхности штихмаса или на соединяющей их ручке. Проходной штихмас имеет кроме того одну специально заточку в виде шейки, которая окрашивается в соответствующий классу точности цвет. Браковочный штихмас имеет две шейки, из которых одна окрашена в цвет класса точности, а другая в яркокрасный цвет.



Фиг. 2.

Для обмера отверстий, имеющих номинальный диаметр свыше 260 мм, применяются особые концевые меры или штихмасы, причем служащие для измерений концы их отшлифованы по шаровой поверхности; для каждого размера и посадки требуются два штихмаса (фиг. 2, Г). Оба штихмаса м. б. соединены специальным держателем в один К. (фиг. 2, Д). Необходимые обозначения делаются на цилиндрич. поверхности штихмаса или на соединяющей их ручке. Проходной штихмас имеет кроме того одну специально заточку в виде шейки, которая окрашивается в соответствующий классу точности цвет. Браковочный штихмас имеет две шейки, из которых одна окрашена в цвет класса точности, а другая в яркокрасный цвет.

К. браковщика для обмера отверстий и представляет собою те же рабочие К. (пробки, пластины и штихмасы), но изношенные до половины установленного допуска на износ.

К. приемщика для обмера отверстий по форме вполне совпадают с рабочими пробками, пластинами и штихмасами, имеют те же обозначения и отличаются белыми полосками.



Фиг. 3.

в изношенную скобу) и третья—для проверки размеров браковочной стороны (должна туго проходить в скобу). Приемная сторона скобы считается годной до тех пор, пока расстояния между измерительными поверхностями не увеличатся вследствие износа до такой степени, что вторая измерительная шайба сможет пройти между ними. Измерительные шайбы имеют форму, которая показана на фиг. 3 (А—для  $\varnothing$  3—18 мм, Б—для  $\varnothing$  18—100 мм и В—для  $\varnothing$  100—260 мм). Для проверки рабочих скоб  $\varnothing > 260$  мм служат штихмасы со сферич. концами. Все контрольные К., применяемые для проверки рабочих скоб, имеют распознавательный знак «Р» (Prüflehre), обозначение номинального размера, знак класса точности и пригонки, надписи «годно» или «брак», название фирмы и обозначение нормальной  $t^{\circ}$  (20°). Кроме того на контрольном К., служащем для проверки размеров проходной стороны новой скобы, проставляется приемный допуск с соответствующим знаком + или -; на контрольном К., служащем для установления предела износа проходной стороны рабочей скобы, проставляется размер приемного допуска с соответствующим знаком, а также допустимый размер износа без знака; наконец на контрольном К., служащем для проверки размеров браковочной стороны скобы, проставляется размер браковочного допуска. Окраска по классам точности делается только на контрольных штихмасах, аналогично тому как это принято делать на рабочих.

Для проверки рабочих предельных пробок, рабочих плоских К. и рабочих штихмасов применяются контрольные скобы. В этом случае подход к установлению методики проверки рабочих К. иной, чем в случае проверки рабочих скоб. Дело в том, что размер браковочной стороны скобы возможно изме-

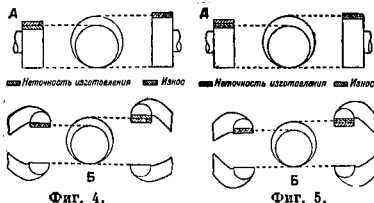
нить умышленно, поэтому постоянный контроль его безусловно необходим. Что же касается пробок или плоских К., то их размеры невозможно изменить так, чтобы этого нельзя было обнаружить простым осмотром. Т. о., по предыдущему, для пробок и плоских К. следовало бы применять две, а для рабочих штихмасов—все три контрольные скобы. DIN предусматривают однако для всех рабочих К., применяемых для обмера отверстий, всего лишь одну контрольную скобу, а именно—служащую для установления предела износа. Такая скоба имеет форму нормальной скобы; обозначения на ней делаются аналогично таковым на контрольных измерительных шайбах. Контрольные скобы окрасиваются в соответственный классу точности цвет.

Допуски на неточность изготовления и на износ рабочих К. Рабочие К., как и все другие предметы массового изготовления, не м. б. изготовлены абсолютно точными, да это и не является необходимым, поскольку требования технич. точности д. б. приведены в соответствие с требованиями экономич. характера. Поэтому нормы предусматривают для рабочих К. определенные допуски на неточность изготовления при условии, что размер допуска на неточность изготовления К. не может отозваться на характере посадки; допуски К. не должны без необходимости удорожать производство и пользование ими. Главная палата мер и весов в разработанном ею проекте принимает за основу следующие приблизительные соотношения между допусками для рабочих К. и допусками для изделий: а) в первом и втором классах точности для скоб  $1/3$ , для пробок, плоских К. и рабочих штихмасов— $1/4$ , б) в третьем классе для всех рабочих К.— $1/5$ , в) в четвертом для всех рабочих К.— $1/6$ . Расположение этих допусков во всех случаях дается в сторону, противоположную износу. Т. о. проходная сторона пробки или плоского К. получает допуск на неточность изготовления с знаком +, а проходная сторона скобы допуск со знаком-. Что же касается браковочной стороны пробки или скобы, то здесь допуск на неточность изготовления, равный допуску для приемной стороны, располагается поровну в обе стороны от номинального размера скобы. К. непрерывно изнашиваются в процессе работы и потому д. б. часто, и по возможности периодически, проверяемы.

Кроме допусков на неточность изготовления необходимо установить также допуски на износ рабочих К. для валов и отверстий. Главная палата мер и весов в своем проекте приняла за основу следующие приблизительные соотношения между допусками на износ К. и допусками на неточность изготовления самих изделий: а) в первом и втором классе точности— $1/4$ , б) в третьем классе— $1/5$ , в) в четвертом— $1/6$ ; самые допуски Главная палата мер и весов располагает поровну в обе стороны от номинального размера изделия с учетом его допуска. В этом отношении Главная палата разошлась как с нормами герм. промышленности, согласно к-рым допуск на износ располагается целиком в сторону области допусков на пригонку, так и

с англ. и америк. нормами, где допуск на износ располагается целиком в области допусков на неточность изготовления отверстия или вала. Расположение допусков на неточность изготовления и на износ рабочих К. относительно допусков самого изделия схематически изображено на фиг. 4: А—для К. отверстия и Б—для К. вала.

Номинальные размеры К. приемщика и их допуски на неточность изготовления. К. приемщика получают специальные размеры, отличные от рабочих К. Эти размеры выбираются с тем расчетом, чтобы через К. приемщика могли пройти по возможности почти все предметы, принятые уже по рабочим К. и К. браковщика как новым, так и изношенным. В силу этого проходной стороне К. приемщика необходимо давать в случае проробок наименьший и в случае скоб наибольший размер вполне изношенного рабочего К., а браковочной стороне—наибольший для пробки и



наименьший для скобы размер браковочного рабочего К. с учетом допусков на неточность изготовления. При этом конечно приходится считаться с допусками на неточность изготовления К. приемщика; эти допуски берутся равными по величине допускам на неточность рабочих К., причем им дается симметричное расположение по отношению к номинальным размерам К. приемщика (фиг. 5, А и Б).

Допуски на неточность изготовления контрольных К. При установлении допусков на неточность изготовления контрольных К. исходят из следующих соображений. Контрольные К. при поверке ими рабочих К. позволяют лишь констатировать, выходит ли рабочих К. за пределы установленных допусков или нет. Т. к. при полном совпадении размеров обоих К. контрольный К. не пройдет через рабочий, то всегда приходится допускать некоторый зазор для того, чтобы измерение было возможным. С другой стороны, размер допуска на неточность изготовления контрольных К. должен быть меньше соответствующего допуска для рабочих К.; контрольный К. допуск на износ не дается. В Германии были проделаны большие экспериментальные исследования по вопросу о допусках на неточность изготовления контрольных К. Результаты этих работ привели к установлению допусков, к-рые приняты также Главной палатой мер и весов. Что касается расположения допусков на неточность изготовления контрольных К., то здесь приняты следующие положения. В первом контрольном К., служащем для поверки размеров нового, изношенного рабочего К., допуск отклады-

вается от наибольшего размера рабочего К. отверстия и от наименьшего размера рабочего К. вала целиком в одну сторону, в направлении хода изнашивания К. Т. о. в первом случае допуск берется со знаком—, а во втором со знаком+. При таком расположении допуска исключается возможность признания годными рабочих К. с размерами большими против наибольшего допустимого. Во втором и третьем контрольном К. допуски располагаются симметрично по отношению к тому же самому пределу, к-рый является средним и для допуска рабочего К.

Материал для изготовления К. должен иметь тот же коэф-т расширения, как железо и сталь, т. к. изготовляемые по К. изделия бывают б. ч. из этих материалов; твердость материала д. б. достаточно большая во избежание слишком быстрого износа; кроме того материал должен обладать стойкостью против химич. действия кислоты, углекислоты и водяного пара, имеющихся в воздухе, и пота рук. Обычно для изготовления К. применяются машиноделочная, высокоуглеродистая и специальные стали с различным содержанием марганца и хрома.

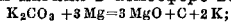
Тепловая обработка К. имеет целью получить максимальную твердость у измерительных поверхностей, оставляя в то же время незакаленным тело К. Т. о. избегается коррозии К. и уменьшается опасность поломки их во время работы вследствие хрупкости. В нек-рых случаях применяется также цементация стали. Темп-ра нагрева, время выдержки при определенной  $t^\circ$ , условия закалки и отпуска—всецело зависят от сорта выбранной стали. В качестве примера можно привести следующий способ тепловой обработки К., применяемый на одном крупном америк. з-де. После обработки со всех сторон с припуском в 1,5 мм К. нагревают до  $750^\circ$  в муфельной печи обычного типа и закалывают в масле. Благодаря низкому содержанию углерода (между 0,15% и 0,20%) сталь после закалки остается мягкой, поэтому дальнейшая механич. обработка К. с желаемой степенью точности выполняется без труда. После обработки К. подвергаются цементации. При  $t^\circ 850^\circ$  они лежат в печи в течение часа и более, в зависимости от желательной глубины слоя цементации, и затем охлаждаются вместе с печью. Наконец К. снова нагревают до  $780^\circ$  и закалывают погружением в масло, после чего отпускают, шлифуют и притирают. Последние две операции не должны производиться непосредственно после отпуска. Закаленный К., даже отпущенный после закалки, претерпевает в течение долгого времени довольно значительные изменения своих размеров, пока эти последние не установятся окончательно. Поэтому необходимо выдержать отпущенный К. в течение нескольких месяцев, чтобы дать внутренним напряжениям исчезнуть или по крайней мере дойти до минимума. Однако различными приемами искусственного старения можно существенным образом уменьшить этот срок.

Лит.: С м и р о в Л. П., Нормальные калибры. «Труды технич. совета Главметалла», М., 1919, вып. 1; К ю н В., О предельных допусках в машиностроении, пер. с нем., Берлин, 1923; Г р а м м е ц

К., Пригонни и допуски, пер. с нем., М., 1926; Кинцле О., Взаимозаменяемость и методы ее введения, пер. с нем., М., 1926; Dowd A. A. а. Curtiss K. W., Modern Gaging Practice, N. Y., 1923; Mahler G., Die Genauigkeit, 3 Aufl., В., 1928; Schleichinger G., Forschungsarbeiten auf d. Gebiete d. Ingenieurwesens, H. 193, 194, В., 1916; Berndt G., Grundlagen u. Geräte technischer Längenmessungen, 2 Aufl., В., 1929; Weber A., Die natürliche u. künstliche Alterung d. gehärteten Stahles, В., 1926; «Ztschr. f. Maschinenbau», В., 1920, В. 9, p. 227; «Feinmechanik u. Präzisions», В., 1921, В. 2, p. 11.

**КАЛИЙ**, К, металл, принадлежащий к элементам первой группы периодич. системы и к подгруппе т. н. щелочных металлов; ат. в. 39,10, ат. номер 19. Во всех своих соединениях К. одновалентен; в природе весьма распространен в виде солей (см. *Калийная промышленность и Калийные соли*). Впервые металлический К. был получен Деви в 1807 г. путем электролиза твердого, слегка влажного едкого кали. Впоследствии Гей-Люссак и Тенар получали К. в больших количествах прокаливанием едкого кали с углем в стальной трубке.

Современные способы получения К.: 1) электролиз расплавленного едкого кали в печах, применяемых для получения натрия (см.); 2) прокаливание углекислого К. с порошком магния в атмосфере водорода:

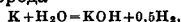


3) накаливание едкого кали со смесью карбида железа, Fe<sub>3</sub>C, и угля, для чего нагревают железные опилки с тяжелыми смолами (Кастнер). При последних двух способах К. улетучивается, и пары конденсируются под слоем керосина. В продажу К. поступает обычно в виде шариков diam. 2—3 см и сохраняется в керосине или нефтяном эфире.

Чистая поверхность калия обладает серебристым блеском; тонкие слои просвечивают с фиолетовой окраской; пары калия зеленого цвета. Калий кристаллизуется в кубической системе. Удельный вес его 0,862 (при 20°). Калий—хороший проводник тепла и электричества. Удельная электропроводность К. при 10° составляет 15·10<sup>10</sup> мо. К. мягок при обыкновенной t°, но несколько тверже натрия; на холоду становится хрупким; t° пл. 63,5°, t° кип. 762,5°. Теллота сублимации калия 23 Cal на 1 г-атом. Из мол. веса, полученного по плотности пара, явствует, что молекулы К. одноатомны, однако новейшие исследования показали, что в парах К. и других щелочных металлов наряду с одноатомными молекулами содержится и нек-рое количество двуатомных.

К. является после рубидия и цезия самым электроположительным металлом. Мерой степени электроположительного характера может служить энергия, потребная для отрыва электрона от отдельного атома металла. Эта энергия ионизации (см.) составляет для паров К. 100 Cal на г-атом. Для нормального потенциала К. по отношению к водородному электроду получено косвенным путем значение 2,92 V (причем К. имеет отрицательный заряд). К. энергично соединяется с целым рядом металлоидов; особенно ярко выражено сродство его к галоидам и к элементам кислородной группы. Свежая блестящая поверхность калия на воздухе быстро тускнеет вследствие окисления. Окисление может идти столь быстро, что, благодаря теплоте реакции, металл плавится и воспа-

меняется, сгорая с характерным фиолетовым пламенем. Окисление К. под уменьшенным давлением или при недостатке кислорода дает окись К., K<sub>2</sub>O; при избытке кислорода или при высокой температуре (горение К.)—перекись К., K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Однако абсолютно сухой кислород не действует на К. даже при нагревании. К. бурно разлагает воду с выделением водорода



к-рый в присутствии воздуха обычно воспламеняется; выделение водорода происходит даже при очень низких t° (со льдом); при -105° реакция еще заметна. В хлоре, фторе и парах брома К. загорается, образуя соответственные галоидные соединения. С иодом К. соединяется со вспышкой, с жидким бромом—со взрывом. С серой, селеном и теллуром К. энергично реагирует при легком нагревании; он непосредственно соединяется также с фосфором, мышьяком и сурьмой. Окиси, сернистые и галоидные соединения тяжелых металлов восстанавливаются калием до металла. Горячие пары К. разъедают стекло, восстанавливая силикат до свободного кремния. В ацетилене расплавленный К. сгорает со взрывом; при этом выделяется сажа и образуется карбид калия состава K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>. При сплавлении К. с органич. веществами, содержащими азот, получается цианистый калий, KCN (реакция на азот в органич. соединениях). Со ртутью К. образует амальгамы; с металлич. натрием дает сплав, жидкий при обыкновенной t°. При 400° К. медленно поглощает водород с образованием гидрида, KH (см. *Гидриды*). Степень сродства К. к различным металлоидам видна из сопоставления теплот образования Q твердых соединений (в Cal на 1 г-эквивалент).

Вещество	Q	Вещество	Q
KF	134,6	K <sub>2</sub> O	43,4
KCl	105,6	K <sub>2</sub> S	43,6
KBr	96,8	KH	~13
KI	80,1		

Металлич. К. растворим в жидком аммиаке. Самым замечательным свойством этих растворов является их высокая электропроводность, достигающая в насыщенном растворе значений такого же порядка, как электропроводность ртути. К. обладает заметной радиоактивностью, причина к-рой не м. б. приписана наличию примеси каких-либо уже известных радиоактивных элементов. Соли К. окрашивают бесцветное пламя бунзенской горелки в фиолетовый цвет. Для спектра калия характерны две линии—красная K<sub>α</sub> и фиолетовая K<sub>β</sub>. Технич. применения металлич. К. видимому не нашел в виду того, что во всех случаях м. б. заменен более дешевым натрием. Продажный К. расходуется для лабораторных нужд и служит также для приготовления особо чистых препаратов калийных соединений. Жидкий сплав К. с натрием применяется вместо ртути для изготовления термометров.

Литт.: Менделеев И. И., Основы химии, 9 изд., т. 4—2 М.—Л., 1927—28; Паулиус Ф., *anorganische Chemie*, hrsg. v. R. Abegg u. Fr. Auerbach, В. 2, Abt. 1, Lpz., 1913—21; Mellor J. W. A. *Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry*, v. 2, L., 1927.

И. Назаровский.

**КАЛИЙНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ** обнимает собою производство калийных солей из природных минералов, растительной золы



или из отбросов неких производств. Наиболее крупную отрасль К. п. составляет добыча и переработка растворимых природных солей: сильвинита  $KCl + NaCl$ , карналлита  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , каринита  $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$  и т. н. твердой соли (Hartsalz, смесь сильвина,  $KCl$ , и кизерита,  $MgSO_4 \cdot H_2O$ , с примесью  $NaCl$ ). Эти соли иногда применяются в сыром виде в качестве удобрений, большую же часть перерабатываются на богатые калием соли, также применяемые преимущественно в сельском хозяйстве. Мировая статистика показывает, что в настоящее время лишь ок. 10% добываемых солей калия потребляется промышленностью — химической, пороховой, стекольной, фармацевтической, мыловаренной, красильной и др., а приблизительно 90% потребляется в сельском хозяйстве.

Производство калийных солей из природных минералов: полевых шпатов пород, алюмосиликатов, слюды, лейциты, глаукогиты и других, начатое гл. обр. во время войны 1914—18 гг. (когда получение германских солей для большинства стран стало невозможным), к настоящему времени почти совсем прекратилось. Переработка растительной золы (в том числе и золы морских водорослей) осуществляется в ряде стран в сравнительно крупных размерах. В СССР, на Кубани и в чернозем. полосе большие количества поташа получают из золы подсолнечника и часть их вывозят за границу. Такая переработка имеет основной целью получение углекислого калия, или поташа, преимущественно для мыловарения, стекольного производства, красильного дела, для производства других солей калия и пр. (см. *Поташ*). Получение калийных солей из производственных отбросов (паточного угля, овечьего пота, животных отбросов, цементной пыли и т. п.) носит подсобный характер и распространено сравнительно в незначительных размерах. Т. о. из всех способов производства для СССР наибольшее значение имеет переработка природных растворимых калийных солей и растительной золы.

Промышленная переработка природных калийных солей началась лишь в 70-х годах 19 в. в Германии, Бавария сначала на Стассфуртском месторождении, где до 1861 г. добывалась лишь каменная соль; понынешнее же ее пласты других солей, гл. обр. карналлита, как бесцветные, шли в отвал, почему и назывались отбросными, или стемными, солями (Abfallsalze). До войны 1914—1918 гг. Германия являлась на мировом рынке монополистом калийных солей. Во время войны в ряде стран были частью начаты, а частью усилены геологич. и горнотехнич. разведки калийных солей и разработан ряд способов извлечения калия из различных горных пород, морских рассолов, соляных источников, водорослей и т. п. На все эти исследовательские работы были затрачены крупные суммы. После войны Германия утратила свое прежнее значение в калийной промышленности, так как богатые залежи солей месторождения калийных солей отшли в Франция и кроме того увеличился разработки галицийских месторождений.

Промышленная переработка природных калийных солей состоит либо из механич. операций либо из химич. процессов. Механическая переработка заключается в дроблении, размоле, просеве и механическом обогащении соответственных руд. Дробление руды осуществляется б. ч. в щековых дробилках, более мелкое дробление — в валь-

цовых, кольцевых и т. п. мельницах, позволяющих до известной степени регулировать степень измельчения. Измельченные соли либо непосредственно поступают в продажу (преимущественно сильвинит) либо подвергаются дальнейшей химической переработке с целью выделения из них солей определенного состава и надлежащей чистоты.

В основе химич. переработки растворимых калийных солей лежат процессы растворения и кристаллизации. Большую ценность для технологии калийных солей имеют работы Вант-Гоффа, Мейергофера, Йенке, д'Авса, акад. Н. С. Курнакова и их сотрудников, изучивших физико-химич. условия равновесия морских солевых растворов. Для выяснения основ технологич. процессов выделения хлористого калия,  $KCl$ , из растворов других солей важны следующие закономерности растворения солей при различных  $t^\circ$ : 1) из солей  $K$ ,  $Na$  и  $Mg$  наиболее растворим в воде  $MgCl_2$ ; 2) при низких  $t^\circ$  (приблизительно до  $25^\circ$ )  $NaCl$  и  $KCl$  обладают почти одинаковой растворимостью; с повышением  $t^\circ$  растворимость  $KCl$  сильно возрастает, растворимость же  $NaCl$  увеличивается очень незначительно. Кроме того приходится учитывать известный закон, согласно которому растворимость соли понижается с увеличением в растворе концентрации катионов или анионов, отвечающих данной соли. Из сказанного вытекают для технологии калийных солей следующие важнейшие выводы. 1) Большинство солей, входящих в состав калийных залежей, практически нерастворимы в насыщенных растворах  $MgCl_2$  (при сравнительно невысоких темп-рах). Этот вывод в первую очередь разумеется, приложим на практике к хлориду калия, а следовательно к сильвину, карналлиту и другим солям, содержащим  $Cl^-$ -ионы, и к сульфатам магния (например кизериту, содержащему  $Mg$ -ион). В практике нерастворимостью хлористых солей в концентрированном растворе  $MgCl_2$  пользуются при выделении  $KCl$  из карналлита по способу «конечного шлока»; при этом в раствор переходит только  $MgCl_2$ , образуя так называемый конечный шлок, а остальные части минерала остаются в твердом виде. 2) Закономерности, изложенные в п. 2, позволяют выделять  $KCl$  из раствора сильвинита путем охлаждения. Т. к. при растворении сильвинита при повышенной  $t^\circ$  в раствор переходит относительно гораздо больше  $KCl$ , чем  $NaCl$ , то при охлаждении раствора  $KCl$  переходит в осадок. В наибольших размерах химич. переработке в настоящее время подвергаются сильвинит, в меньших размерах — твердая соль и еще меньше — карналлит.

Переработка сильвинита. Все способы получения  $KCl$  из сильвинита сводятся в основном к следующему. В раствор, насыщенный на холоду хлористым калием и хлористым натрием, вводят при нагревании сильвинит; при этом растворяется гл. обр.  $KCl$ . Раствор отделяют от осадка, состоящего преимущественно из  $NaCl$ , и охлаждают, причем выкристаллизовывается чистый  $KCl$ . Примеси в сильвините изменяют течение этого процесса; так, примесь  $MgCl_2$  способствует переходу в раствор не только  $KCl$ ,

но и NaCl, а следовательно обуславливает загрязнение продукта хлористым натрием. При необходимости получения KCl высокой чистоты из сильвинита, загрязненного хлористым магнием, можно вести фракционированную кристаллизацию в две стадии или больше. Растворение производится при  $t^{\circ}$ , близкой к кипению. По данным германских з-дов, в  $1 \text{ м}^3$  полученного т. о. горячего раствора (сырого шелока) содержится до 260 кг KCl, из которых ок. 60% выкристаллизовывается. При правильном ведении процессов переработки сильвинита не должно получаться никаких отбросных шелоков. Это достигается повторным использованием маточных шелоков для растворения новых порций сильвинита.

Процесс переработки сильвинита складывается т. о. в основном из следующих операций: 1) растворения по принципу параллелизма, тока или противотока (или комбинация того и другого); 2) отделения раствора от осадка фильтрованием или декантацией; 3) охлаждения раствора до  $20 - 30^{\circ}$  одновременно или в несколько стадий для кристаллизации KCl из раствора; 4) отделения твердого хлористого калия от жидкой фазы; 5) промывки KCl (если нужно получить чистый продукт); 6) сушки продукта. Маточный раствор, полученный после кристаллизации KCl, вновь подогревается перед направлением в аппаратуру для растворения новой порции сильвинита.

Дать окончательную и точную схему будущей переработки сильвинитов СССР Верхне-Камских месторождений до настоящего времени еще нельзя, так как для этого необходимо определить точный состав сильвинитов, тогда как состав этих солей определен пока только в образцах буровых разведочных скважин. Однако все имеющиеся многочисленные анализы показывают высокую чистоту природной соли и отсутствие в ней растворимых сульфатов, в особенности кизерита (установлены лишь незначительные примеси карналлита, ангидрита, глины и песка). Поэтому есть основание предполагать, что переработка соликамских калийных солей будет более простой, чем переработка германских сильвинитов. Центральной лабораторией Северного химического треста (Ф. Ф. Вольфом и В. С. Ятловым) произведены лабораторные опыты химической переработки образцов соликамского сильвинита, установившие ряд детальных условий этой переработки.

Переработка твердой соли. Процесс растворения твердой соли близок к условиям растворения сильвинита; он также базируется на выщелачивании KCl при нагревании. Раствор после отделения от твердого остатка охлаждается, причем выкристаллизовывается KCl. Оставшийся раствор служит для новых извлечений KCl из твердой соли. Процесс переработки твердой соли несколько изменяется по сравнению с процессом переработки сильвинита и карналлита, главн. обр. вследствие присутствия кизерита, так как при переходе в раствор значительных количеств  $\text{MgSO}_4$  образуются шламы, богатые  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , струдом поддающиеся дальнейшей переработке. Чтобы уменьшить

растворимость  $\text{MgSO}_4$ , если в сырой соли содержится незначительное количество  $\text{MgCl}_2$ , к раствору для выщелачивания специально добавляют небольшое количество  $\text{MgCl}_2$ . Т. к. до настоящего времени в Соликамских месторождениях калийных солей не найдено ни сульфатов калия ни сульфатов магния, то переработка твердой соли в настоящее время для СССР практич. интереса не представляет.

Переработка карналлита. Процессы растворения и выкристаллизовывания KCl из карналлита гораздо сложнее, чем из сильвинита. Основой большинства этих процессов является способность карналлита при обработке горячей или холодной водой или разбавленными растворами солей разлагаться на KCl и  $\text{MgCl}_2$  по следующему примерно у-рию: 
$$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + n\text{H}_2\text{O} = \text{KCl} + \text{MgCl}_2 + (n+1)\text{H}_2\text{O}$$
 В силу значительно большей растворимости  $\text{MgCl}_2$  переходит в раствор в первую очередь. KCl переходит в раствор вместе с  $\text{MgCl}_2$ , либо остается в большей или меньшей степени нерастворимым.

Существующие методы переработки карналлита можно подразделить на три группы. 1) Способ полного растворения (наиболее распространенный) — состоит в разложении карналлита горячей водой или отбросными шелоками, содержащими  $\text{MgCl}_2$  в таком количестве, чтобы из сырой соли растворить по возможности только KCl. Полученный раствор охлаждается; при этом большая часть KCl выкристаллизовывается, оставшаяся же в растворе часть м. б. получена в твердом виде выпариванием. 2) Способ неполного растворения: природный карналлит разлагает шелоком, содержащим гораздо меньше  $\text{MgCl}_2$ , и больше KCl, чем при первом способе. Поэтому в раствор переходит весь  $\text{MgCl}_2$ , и лишь часть содержащегося в сырье KCl; остальная же часть KCl в качестве твердого продукта разложения всплывает в растворе в виде тонкого шлама. Последний отделяют вместе с нерастворенными частями сырья, получая в результате удобную соль, содержащую 30—40%  $\text{K}_2\text{O}$ . Оставшийся после отделения примесей и шлама раствор охлаждают для выкристаллизовывания KCl. 3) Способ холодного разложения: карналлит разлагают холодной водой (или шелоком особого состава); KCl остается при этом во взвешенном состоянии, в виде мельчайших кристаллов, образующих шлам; последний механически отделяют от раствора и от других более крупных и удельно более тяжелых нерастворимых составных частей карналлита.

Кроме перечисленных трех основных способов было предложено еще много других, не получивших однако до сих пор практич. значения. Применявшийся в недавнем прошлом способ растворения карналлита конечным шелоком в настоящее время оставлен. В качестве побочного продукта при переработке карналлита можно получить бром, к-рый содержитс. б. ч. в виде  $\text{MgBr}_2$ .

В первый период возникновения и развития К. п. химич. переработке подвергался преимущественно карналлит, прич. технология его основывалась на эмпирич. данных. До начала 20 в. каландра ф-ка имела

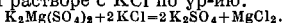
собственную рецептуру производства, и-рав в течение долгого времени связывая ее с секретом. После войны 1914—18 г., в связи с отторжением от Германии альзасских месторождений калийных солей, повившим конкуренция и высокой стоимостью переработки карналлита по сравнению с сильвинитом, выивалась необходимость рационализировать производство на основе научных данных и в частности сильно сократить расход топлива. В связи с отсутствием одних и некоторых значительной рентабельностью других предприятий, перерабатывавших карналлит, многие герм. з-ды закрылись, и вопрос о рационализации теплового хозяйства стал решающим. Поэтому герм. калийный синдикат, в лице созданного им в то время исследовательского ин-та по калию, значительно часть своих работ посвятил научной проверке всех известных до того времени способов переработки карналлита и разработке новых способов. Удалось установить ряд важных теоретич. положений, и-рые в наст. время привели в Германии к значительным практич. результатам. К сожалению, большинство работ германского исследовательского ин-та по калию не подлежат оглашению и поэтому недоступно для широких технических кругов. В СССР лабораторные опыты по переработке сульфидных образцов карналлита и сульфидного месторождения способом холодного разложения были произведены проф. Н. Н. Ефремовым и А. А. Веселовским. Опыты доказали целесообразность применения этого способа к исследованным образцам карналлита и позволили внести в него некоторые улучшения соответственно сравнительной чистоте солинамских солей. Благодаря им, является также некоторый избыток  $KCl$  сверх того количества, которое находится в карналлите в связанной форме. Сущность изученного Н. Н. Ефремовым и А. А. Веселовским процесса заключалась в том, что измельченный карналлит обрабатывался небольшим количеством воды, достаточным для разложения карналлита, но недостаточным для перевода в раствор всех продуктов разложения.

Важнейшие процессы переработки калийных солей осуществляются в аппаратуре для разрастворения, нагревания, охлаждения, выпаривания и осветления (очистки) растворов, промывания и сушки солей. Для разрастворения и сушки солей: а) котлы или чаны, в которых перемешивание массы осуществляется либо механич. мешалкой либо током растворителя или пара, вводимых снизу; б) разнообразие шнеков; в) необходимых случаях снабженные нагревательными устройствами (преимущественно обогреваемые изнутри трубами или подводкой снизу острого пара); г) комбинации котлов и шнеков; г) вращающиеся горизонтальные барабаны, снабженные внутри нагрывающими железными угольниками и т. д. Наиболее распространенными конструкциями быстродействующих воздушных холодильников являются: вращающиеся горизонтальные барабаны, охлаждаемые вдуваемым посредством вентилятора воздухом; холодильные башни типа градирен; теплообменные вакуум-холодильники; быстродействующие аппараты, в к-рых охлаждение производится водой или другими жидкостями; мало применяются дисковые и другие холодильники. Нагрев растворов и солей осуществляется в различных аппаратах, большинство к-рых представляет собою трубчатые системы. Для осветления растворов, увлекающих с собой обыкновенно часть взвешенных нерастворенных составных частей, применяются периодически действующие отстойники или непрерывно действующие аппараты, в к-рых отстаивание осуществляется при сильно замедленном потоке жидкости благодаря увеличению поперечного сечения аппарата. В случае необходимости полной очистки раствора от твердых частиц применяются различные фильтры и центрифуги. Сушка калийных солей

для понижения содержания в них влаги (в  $KCl$  с 5—15% до 0,5—0,6%) осуществляется главным образом во вращающихся горизонтальных барабанах, обогреваемых то почными газами снаружи или изнутри.

Одним из больших вопросов К. п. является вопрос об удалении или использовании отбросов и щеделок, получаемых при переработке карналлита и содержащих высокий %  $Mg$  и  $Na$ . Если эти щеделки спускают в реки, то они могут превысить допустимые нормы содержания хлора и жесткости воды, а потому, в интересах здравоохранения, в Германии изданы специальные законы, ограничивающие спуск конечных щеделок от переработки карналлитов в реки. Производство хлористого магния, хлора, соляной к-ты, магнезиальных цементов из этих щеделок, спуск щеделок в шахты для их заполнения и другие опыты их использования еще не разрешили поставленной задачи в полном объеме и достаточно экономично.

Применение удобрительных солей на некоторых с.-х. культурах (винограде, табаке и др.) отражается отрицательно (действие хлора), в виду этого часть  $KCl$  перерабатывается на  $K_2SO_4$ . В Германии  $K_2SO_4$  получается почти исключительно обменным разложением двойного сульфата калия-магния в водном растворе с  $KCl$  по ур-ню:



Если в СССР в составе калийных месторождений не будет найдено сульфатов магния и калия (до сих пор их не обнаружено), то производство  $K_2SO_4$  необходимо будет осуществлять по одному из след. способов: разложением  $KCl$  серной к-той или сернистым газом в присутствии кислорода (способ Гаргривса) или обменным разложением с др. сернокислыми солями. Кроме сельского хозяйства  $K_2SO_4$  применяется также в производстве калиевого стекла, квасцов и других солей.

В последние годы начало производство в качестве удобрения фосфатов калия и фосфатов аммония-калия, содержащих т. о. два и три питательных элемента, что повышает концентрацию, а следовательно удешевляет транспорт новых удобрений. За границей начали производить в качестве удобрения также азотнокислый калий,  $KNO_3$ , к-рый до последнего времени применялся как составная часть взрывчатых веществ, в пиротехнике, для засолки мяса, для очистки металлов и т. д. Наиболее распространенный, так называемый конверсионный способ производства  $KNO_3$  состоит в обменном разложении  $KCl$  с  $NaNO_3$  (чилийской селитрой). Из других способов заслуживает внимания разложение  $KCl$  азотной к-той или обменное разложение  $KCl$  и  $NH_4NO_3$ .

Из соединений калия кроме перечисленных наибольшее промышленное значение имеют: углекислый калий, едкое кали, бертолетова соль, калиевые квасцы, хромовокислый, марганцовокислый, железно- и железистосинеродистый, бромистый и иодистый калий и др.

В 1927 году мировое производство калийных солей, выраженных в т  $K_2O$ , составляло 1 982 000 т, из которых на долю Герма-

нии приходилось 1518 000 т, Франции (Эльвас) — 372 000 т, Польши — 46 864 т, США — 39 470 т и Британской Индии — 6 250 т. Эксплоатация испанских месторождений начинается лишь теперь развиваться.

Германская К. п. объединена мощным калийным синдикатом, регулирующим размеры производства, условия сбыта и цены продукции. Между герм. и франц. синдикатами заключены соглашения, регулирующие поставки на международных рынках; кроме того герм. синдикат участвует в эксплуатации испанских месторождений. Герм. калийный синдикат имеет Научно-исследовательский ин-т по калию, сеть с.-х. опытных учреждений, бюро агрономич. пропаганды и издает специальные журналы.

Созданный в 1927 г. Калийный трест СССР ставит себе задачей добычу и переработку калийных солей Верхне-Камских месторождений. Пятилетним планом треста предусматривается в 1929/30 г. выпуск продукции минимально в 30 000 т, а в 1932/33 г. минимально в 1500 000 т сырых солей; в начале след. пятилетия предусматривается добыча в 2 500 000 т калийных солей в год. Лит.: Вольф, Ф. Ф. и Ятлов В. С., Изучение условий химич. переработки наливных солей Соликамского месторождения, «ЖХП», 1927, 6—7, 1928, 5—6, 16, 17, 19; Вольф Ювеч С. И., Производство хлористого калия, «Труды Калийной комиссии и Ин-та по удобрениям», М., 1929; его же, Введение в технологию калия. Лекция, чит. на Курсах по выпш. квалиф. инж., М., 1928 (на прав. рукоп.);

ност, «ЖХП», 1927, 10, стр. 830; Шадиун Н. А., Соликамские калийные залежи, «МС», 1926, 10—11, стр. 774; Grotogion F., Chemie d. Kalisalze, Stassfurt, 1922; Friedrich, Die Kalindustrie, Chemische Technologie d. Neuzeit, Stg., 1926; Fuld A. E., K r u l l O., K r i s c h e P. u. G r o p p W., Das Kali, Stg., 1928; Ergänzungswerk zu Muspratts Enzykl. Handb. d. tech. Chemie, B. 2, Leipzig, 1928; C. G. Fortschritte d. Kalindustrie, Technische Fortschrittsberichte, hrsg. v. B. Rassow, B. 17, Dresden—Lpz., 1927; J a n e c k e E., Die Entstehung d. deutschen Kalisalzager, 2. Aufl., Brschw., 1925; K r i s c h e P., Das Kali, Enke's Bibliothek f. Chemie u. Technik, B. 7, T. 4, Stg., 1923; K r u l l O., Beiträge z. Verarbeitung d. Kalisalze, Lpz., 1918; K u l l e r s c h l y K., Kalindustrie, Ulm, Entz., B. 6; M e i c h e n s W. und P r z i b y l l a C., Die Kalihortsalze, ihre Gewinnung u. Verarbeitung, Leipzig, 1916; v a n ' t H o f f J. H., Zur Bildung d. ozeanischen Salzablagerungen, Brschw., 1905 u. 1909. С. Вольфович.

**КАЛИЙНЫЕ СОЛИ**, разделяются на легко растворимые (хлориды, сульфаты и часть карбонатов) и трудно растворимые (гл. образом силикаты); первые из них применяются в промышленности, в сельском хозяйстве и медицине. К. с. добываются из отложений калийно-магнезиальных солей, образовавшихся вследствие испарения воды в соляных озерах или отделившихся участках морей, а также из коренных рассолов морских солевых. Морская вода содержит в среднем 0,06% KCl и 0,3% MgCl<sub>2</sub>. Богаты легко растворимыми солями некие соляные озера; так напр., Мертвое море содержит 8,5% NaCl, 9,1% MgCl<sub>2</sub>, 3,5% CaCl<sub>2</sub> и 2,4% KCl. Среди многочисленных минералов, встречающихся в залежах К. с. (табл. 1), наиболее

Табл. 1.—Главнейшие калийные соли.

Наименование	Формула	Твердость	Уд. вес	Содержание в %	Месторождения
Карналлит (Carnallit) . . .	KCl·MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	1—2	1,618	26,8 KCl	Встречается во всех соляных месторождениях
Глазерит (Glaserit) . . . .	K <sub>2</sub> Na(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,7	2,697	54,2 K <sub>2</sub> O	Вестерегель
Калинит (Kalinit) . . . . .	MgSO <sub>4</sub> ·KCl·3H <sub>2</sub> O	2	2,082—2,138	30 KCl	Во многих месторождениях калийных солей
Калиборит (Kaliborit) . . .	K <sub>2</sub> O·3V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ·4(MgO·2V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )·18 H <sub>2</sub> O	4,5	2,13	8,55 K <sub>2</sub> O	Амерслебен
Лангбейнит (Langbeinit) . .	2 MgSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,5	2,801	19,9 K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Стаффорт
Леонит (Leonit) . . . . .	MgSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	3—4	2,86	40 K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Вильгельмсгал у Азербера, Амерслебен, Гогенцоллерн
Полигалит (Polyhalit) . . .	K <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> Mg(SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> ·2 H <sub>2</sub> O	—	—	47,5 K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Леопольдсгал, Вестерегель, Амерслебен
Риннейт (Rinneit) . . . . .	FeCl <sub>2</sub> ·3 KCl·NaCl	3	2,73	28,9 K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Леопольдсгал, Стаффорт, Галлея, Ишь
Шейт (Schönit) . . . . .	MgSO <sub>4</sub> ·K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·6 H <sub>2</sub> O	2,5—3	2,35	—	—
Сильвия (Sylvin) . . . . .	KCl	2,5—3	2,35	—	—
Сингенит (Syngenit) . . . .	Родствен полигалиты	2,2	1,987	47,65 K <sub>2</sub> O	Во многих калийных рудах
Кроме того:		2,5	2,608	28,68 K <sub>2</sub> O	Калуц (Галиция)
Морская вода . . . . .	—	—	—	0,04 K <sub>2</sub> O	—
Бенгалская селитра . . . . .	—	—	—	37—40 K <sub>2</sub> O	—

Ефремов Н. Н. и Веселовский А. А., К вопросу о переработке соликамского карналлита, «ЖХП», 1927, 6—7; их же, О содержании брома в соликамских карналлитах, там же, 1928, 23—24; Ильинский В. П., Саянское соляное озеро и его значение, Л., 1926; Казаневич В. И., К вопросу добычи в России наливных солей, Л., 1922; Каблучков И. А. и Каблучков А. С., Крымские соляные озера, М., 1913; Курьянов В. С., О нахождении калиевого минерала хлористого калия, или сильвия, в России, «Изв. Акад. наук», П., 1916, стр. 411; его же, О месторождении калиевых солей в Соликамске. Доклад Академии наук СССР, стр. 21, Л., 1926; Пантелеймонов Б. Г., Магниево соли из Саянского озера, М., 1923; Штерн Д. и Левин П., Мировая калийная промышлен-

шее промышленное значение имеют следующие. Сильвин: 52, 48% K и 47,52% Cl; правильной системы; б. ч. бесцветен, слегка опаловиден, реже — прозрачен, как стекло; часто от примеси мелко рассеянного железного блеска цвет становится темнокоричневым или бурым; излом раковистый; непрозрачен; вкус горький; слегка гигроскопичен. Карналлит: 14,09% K, 8,76% Mg, 38,26% Cl и 38,89% H<sub>2</sub>O; ромб. системы; блеск жирный; обычно благодаря примесям окрашен в розовый или серый

цвет, реже—в молочно-белый или желтый; излом раковистый; вкус горький; сильно гигроскопичен. К а и н и т: моноклинной системы; цвет бурый, до желто-зеленого, иногда голубовато-фиолетовый; обыкновенно образует зорнитские массы; часто содержит примесь сильвинна, карналлита, кизерита, шенита, лангбейнита и рейхардита. Смесь неких из этих минералов с другими солями образует калийные породы: с и л в и н и т, состоящий из сильвинна и каменной соли; т в е р д у ю с о л ь (Hartsalz), состоящую из сильвинна (12—23%), каменной соли (35—70%), кизерита (10—48%) или ангидрита и переменных количеств лангбейнита, шенита, каинита и карналлита; к а р н а л л и т и каменной соли, или б) карналлита, каменной соли и кизерита, или в) карналлита, каменной соли и ангидрита; к а и н и т в ы е п о р о д ы, состоящие из каинита и каменной соли. Наиболее распространенными являются карналлитовые породы, а наиболее ценными—сильвинитовые породы.

К. с. вследствие своей легкой растворимости не встречается на поверхности земли; они сохранились в природе под прикрытием более молодых осадочных наслоений. Главнейшие месторождения К. с. сосредоточены в СССР, Германии, Франции, Испании, США и Польше.

Союз ССР. В западных предгорьях Урала, среди отложений пермской системы, встречаются обширные соляные залежи; в этих залежах возле г. Соликамска впервые в конце 1925 г. буровой скважиной на глубине 91,7 м был встречен пласт К. с. Верхняя часть калийной залежи представлена карналлитом (около 80 м мощности) со средним содержанием в 13%  $K_2O$  (20%  $KCl$ ), нижняя—сильвинитом (около 25 м мощности) с содержанием 16%  $K_2O$  (24%  $KCl$ ). Выше карналлитовой зоны залегает иногда верхний сильвинит вторичного происхождения, мощностью от 0 до 15 м. Соликамское месторождение выгодно отличается от других меньшей глубиной залегания; по высокому содержанию калия в сильвинитовой зоне оно приближается к эльзасскому месторождению. Соли эти могут поступать на рынок без обогащения. Отсутствие в соликамских солях  $MgSO_4$  (К. с.—исключительно хлористые) создает для них значительные преимущества при переработке их; так, карналлит допускает обработку холодным способом, из сильвинита  $KCl$  получается процессом наиболее экономичным. Дальнейшие разведки Верхне-Камского округа окончательно установили мировое значение данного калийного месторождения, превосходящего по своим запасам все остальные. Для детальной разведки и эксплуатации месторождения начата проходка шахт. В Казахской АССР производилось геологическое исследование района сев. берега Индерского озера (Джамбейтинский район Уральского округа). Подземные источники, питающие озеро, приурочены к гипсоносной толще верхне-пермских отложений и характеризуются высоким содержанием сернокислых калийных солей. Предварительные результаты анализов позволяют предполагать при-

сутствие в этом месторождении сернокислого калия. В воде соляных источников в Илецкой Зашите обнаружено присутствие хлористого калия (0,06—0,17%). Буровыми скважинами на нефть в Уральском округе, около Гурьева, в низовьях рек Урала и Эмбы, обнаружены залежи каменной соли с содержанием в большинстве проб 2—4% (максимально 5,86%) хлористого калия.

Г е р м а н и я. Зона распространения калийно-магнезальных солей охватывает значительный бассейн внутри цехштейновой котловины. Главнейший бассейн простирается в большей части провинции Ганновера, Саксонии, Бранденбурга и прилегающих областей. Здесь три калийных пласта отложились один на другом; при этом два более молодых занимают сравнительно небольшое пространство в пределах провинции Ганновера. Из второстепенных бассейнов наиболее важным является Гессен-Тюрингенский. Он охватывает калийные округа на рр. Верра и Фульда и содержит два калийных пласта. Наиболее ценные залежи твердой соли (Hartsalz) встречаются в области р. Верра и в южном Гарце. На более высокий % содержания калия показывают сильвиниты более молодых калийных пластов в Ганновере. В других областях преобладают менее ценные, но более мощные отложения карналлитовых солей. Каинитовые породы добывались в больших количествах в районе Стассфурта. Главн. районы добычи в Германии: междуручье Верра—Фульда (ю. Гарц), с. Ганновер (с. Гарц), Магдебург—Гальберштадт—Стассфурт (нижний Рейн у Везеля). Все эти месторождения относятся к верхнему цехштейну. Баденское месторождение относится к третичному периоду. Запас солей в Германии исчисляется в количестве ок. 20 млрд. т, содержащих ок. 2 млрд. т  $K_2O$ .

Ф р а н ц и я. В Эльзасе известны калийные месторождения в верхней долине Рейна (близ Мольгаузена), лежащие в пластах среднего олигоцена; эти месторождения отличаются содержанием высококачественных сильвинитов. Глубина соляных коней колеблется в пределах между 470 м (в ю.-в. части) и 800 м (в с.-в. части этой площади). Добываемый сильвинит залегает 2 слоями, разделенными слоем каменной соли мощностью до 20 м. Запасы исчисляются в 350 млн. т.

П о л ь ш а. В вост. Галиции, в миоценовых отложениях имеются месторождения К. с. в Калуге, Морчине и Стебнике. Запасы солей исчисляются в количестве 18—20 млн. т с содержанием ок. 8 млн. т  $K_2O$ . В Калуге встречены 3 калийных залежи в свите (мощность ок. 100 м) соляных глин и слоев каменной соли: нижняя—сильвинитовая (мощность 12 м), средняя—каинитовая, местами имеющая карналлитовые породы, и верхняя—сильвинитовая (мощность 4 м). Добыча К. с. производилась давно, но никогда не достигала больших размеров вследствие отдаленности от ж. д.

И с п а н и я. Площадь месторождений охватывает 400 км<sup>2</sup>; они расположены в местности Сурия-Манреса и в Кардоне (70—80 км от Барселоны). Обнаружен гл. обр. карналлит (до 20%  $K_2O$ ), залегающий слоем мощностью 7 м. В двух параллельных Пире-

неям антиклиналиях соляные залежи местами достигают поверхности земли, особенно у Кардоны и Сурии. Соляной массив у Кардоны содержит только каменную соль, а в Сурии уже на глубине 40 м обнаружены обширные залежи и других К. с. Эксплуатация месторождений очень выгодна. Запасы в районе Сурии исчисляются в 268 млн. т  $K_2O$ .

Глина содержит 3—10% растворимых веществ, в к-рых  $KNO_3$  находится в количестве 1,2—23,88%. В Индии добывается г. н. «бенгальская селитра». Достаточный запас К. с. находится также в Чили. Мировая добыча и потребление К. с. в 1927 году возросли приблизительно на 43% против добычи их до войны 1914—18 гг.;

Табл. 2.—Мировая добыча калийных солей (в т.).

Страны	1913 г.	1923 г.	1924 г.	1925 г.	1926 г.	1927 г.
<b>Германия</b>						
Сырые соли . . . . .	11 962 854	11 209 167	8 072 440	12 044 000	9 408 109	—
Коллич. $K_2O$ . . . . .	1 168 369	885 900	841 899	1 225 954	1 088 696	1 239 406*
<b>Франция</b>						
Сильвинит и сальвин . . . . .	—	1 577 736	1 664 608	1 926 346	2 317 675	2 321 775
Коллич. $K_2O$ . . . . .	—	248 000	271 549	322 000	368 670	372 000*
<b>Италия</b>						
Лейцит . . . . .	—	8 588	15 600	266 000	35 000	56 000
<b>Испания</b>						
90%-ный хлористый натрий . . . . .	—	—	—	27 734	80 598	70 000*
<b>Польша</b>						
Каннит и сальвин . . . . .	2 300	61 503	81 420	176 964	207 567	276 054
Коллич. $K_2O$ . . . . .	200	28 200	22 200	35 974	38 931	—
<b>Соед. Штаты Америки</b>						
Сырые соли . . . . .	—	35 406	39 695	46 779	42 024	69 689
Коллич. $K_2O$ . . . . .	—	18 335	20 767	23 088	21 197	39 471
<b>Всего <math>K_2O</math> . . . . .</b>	<b>1 168 569</b>	<b>1 180 435</b>	<b>1 156 415</b>	<b>1 607 014</b>	<b>1 515 494</b>	<b>1 650 877*</b>

\* Предварительные цифры.

Табл. 3.—Цены на калийные соли.

Род соли и содержание $K_2O$	Германия *1		Франция **	США **	
	1913 г.	1927 г.		1927 г.	
			насыпью	в таре	
Карналит, 9—12% . . . . .	8,50	9,67	—	—	—
Необработанные соли, 12—15% . . . . .	10	10,83	10,95	9,50	12,50
Обогащенный сальвинит, 20—22% . . . . .	—	—	17,50	—	—
Удобрительные соли {	18—22% . . . . .	14	15,20	—	12,40
	28—32% . . . . .	14,50	17,95	—	18,75
	38—42% . . . . .	15,50	18,88	—	—
Хлористый натрий, 49—60% . . . . .	27	27	72,00	—	—
» » свыше 60% . . . . .	—	29	—	—	—
» » 80% . . . . .	—	—	—	34,90	36,40
Сернистый натрий, свыше 42% . . . . .	35	31,25	—	—	—
» » 90% . . . . .	—	—	98,70	45,70	47,30
» » калий-магний . . . . .	31	28,85	—	25,65	27,25

\*1 Цены синдиката в мар. за 100 кг чистого калия. \*\* Цены в фр. за 100 кг соли франко-вагон-рудник.

\*\* Цены в долл. за короткую тонну (907 кг) сif порты Атлантического океана.

Общий запас испанского месторождения может быть исчислен в 350 млн. т  $K_2O$ .

П а л е с т и н а. Вода Мертвого моря содержит 2,4% хлористого калия, переработка которого производится америк. компанией. Запас  $K_2O$  оценивается в 1,3 млрд. т.

Запасы  $K_2O$  в твердых солях США исчисляются в 23 млн. т. Незначительные количества К. с. встречаются в Пенджабе (Британская Индия), в Абиссинии, в Техасе, в Новой Мексике. Залежи калиевой селитры имеются в юж. Африке, в округах Приеска и Хей; толща селитроносной глины мощностью 550—850 м залегает в грикватуонских отложениях трансваальской геологич.

96% добычи приходится на долю Германии и Франции и только 4%—на все остальные страны (табл. 2).

Цены на К. с. приведены в табл. 3.

Лит.: Белоглазов К. Опыт испарения рассолов Усть-Боровского и Соликамского районов. «Изв. Ин-та физико-химич. анализа», Л., 1924, т. 2, вып. 2, стр. 492; Вольфович С., О получения калиевых солей из рассолов крымских озер, «ЖХИ», М., 1925, т. 2, 2(8), стр. 27; Вольф Ф. Ф. и Ятлов В. С., Изучение условий химич. переработки калиевых солей Соликамского месторождения, там же, 1927, т. 4, 6—7 и 1928, т. 5, 5—6 и 7—8; Глушк о в Н., О полевых изваренной соли и калийных солей в северо-восточной России, «Уральский техник», Екатеринбург, 1915, 9—10, стр. 49; Гусарский Г., Проблема получения калиевых солей на Урале, «Труды I Весеннего горн. научно-технического съезда»,

М., 1926, стр. 144; Ефремов Н., Калиевые соли Уральской области и их роль в развитии химич. пром., там же, стр. 145; Ефремов Н. Н. и Веселовский А. А., Изучение условий химической переработки калиевых солей Соликамского месторождения, «ЖХИ», М., 1927, т. 4, 6—7; Иванов А., Гербер Р. и Рауковская Е., Материалы по исслед. Прикамского соленосного района, «Материалы по общей и прикладной геологии», Л., 1927, вып. 105; Котельников В. Г., Соликамское месторождение калийных солей, «Изв. Союз. ин-та опыта агрономии», Л., 1927, т. 3, Журнал «Минералогический сборник», А. Калий, «Химический справочник», ч. 1—Ископаемое сырье, Л., 1925; Куряков Н. О. Нахождение калиевого минерала—хлористого калия, или сильвина—в России, «Изв. Академии наук», П., 1916; Куряков Н., Белоголов К., Шматко М., Месторождения хлористого калия Соликамской соленосной толщи, там же, 1917; Куряков Н. О. Калиевых солей в бассейне Соликамского края, «Изв. Ин-та прикл. химии», П., 1922, вып. 1, стр. 40; его же, О месторождениях калиевых солей в Соликамске. Доклад Академии наук СССР, стр. 24, Л., 1926; Пантелеймонов В., Сагайдачный А., Сапирштейн Э., Статьи по вопросу получения калиевых солей из рассолов крымских озер (в печати); П. В. Фроловский и П. И. Открытия калийных солей в районе Соликамска, «Вестн. Геол. к-та», Л., 1925, I, стр. 9; его же, Уральский калий, «ЖХ», 1927, 7; Преображенский П. И. и Варов А. А., Матер. по исслед. Прикамского соленосного района, «Матер. по общей и прикладной геологии», Л., 1928, вып. 106; Рубин А. А., К вопросу о геологии, условиях нахождения солей в Соликамском районе Пермской губ., там же, 1920, вып. 53, стр. 48; Сагайдачный А. Ф., Калийные и магниевые соли Сакского озера, «Труды Гос. ин-та прикл. химии», Л., 1927, вып. 5; Сапирштейн Э., Опыт добычи калийных солей в Крыму, «ЖХ», 1923, 7; Семеновичев С., Калийные соли Уральской обл., там же, 1925, I; Сергеев М., Месторождения калия в СССР и условия его добычи, там же, I; Федоровский Н. М., Калийные соли и крымские озера как источник получения калийных, магниевых и бромистых солей, «МС», 1926, I; Фоксин Л., Обзор химич. промышленности в России, П., 1921; Химико-технич. справочник, ч. 1—Ископаемое сырье, Л., 1925; Головой обзор минер. ресурсов СССР за 1925/26 г., Л., 1927; по же за 1926/27 г., Л., 1928; Ellis C. S., Das Kali, «Enke's Technik der Bergbau Chemie u. Technik», Stuttgart, 1923, V; Fuld A., Ibid., Stg., 1928, V. 8; Негманн С., Einführung in d. Kaliindustrie, Halle/a. S., 1925; van Hoff J. H., Untersuchungen über d. Bildungsverhältnisse d. ozeanischen Salzablagerungen, Lpz., 1912; Jänescke E., Die Entstehung d. deutschen Kalisalzlag., 2. Aufl., Brschw., 1925; 50 Jahre deutscher Kaliindustrie, «Chem. Industrie», Leipzig, 1914, 7; Кригсманн В., Die Verwertung d. Kalium in Industrie u. Landwirtschaft, Halle a. S., 1908; Untersuchungen u. Begutachtung v. Düngmitteln usw., B., 1906; Кубиерска К., Kaliindustrie, Ullm.ENZ., V. 6, V., 1919; Michels W. u. Przibylla C., Die Kalisalzsalze, ihre Gewinnung u. Verarbeitung, Lpz., 1916; Рахманн Н., Die Kaliindustrie in ihrer Bedeutung u. Entwicklung, Stg., 1898; Rice G. S. a. d. y. J. A., Potash Mining in Kalium in Industry, «Leaves of Commerce Bureau of Mines, Bulletin», Wash., 1927; Rinne, Die geotermischen Metamorphosen u. die Dislokationen d. deutschen Kalisalzlagestätten, «Fort-schritte d. Mineralogie, Kristallographie und Petrographie», Jena, 1906, V. 6 (указана литер.); Мухометов Д., Russia to Exploit Potash Deposits at Solikamsk, «Engineering and Mining Journal», N. Y., 1927, ч. 124, 23; Раубертсманн К., Neue Kalisalzlag. in Ural, «Zeitschrift f. prakt. Geologie», Halle a/S., 1927, Jg. 34, 8. Н. Н. Федоровский.

**К. с. как удобрение.** В практике нашего сел. хозяйства потребление калийных удобрений значительно отставало от потребления азотнокислых и фосфорнокислых удобрений. Больше других стран потребляет калийные удобрения Германия, где применение их (~717 000 т) за последние годы превышает (по данным 1927 г.) потребленные минеральных азота (400 000 т) и фосфора (475 000 т).

Если принять во внимание, что посевная площадь составляла в Германии в 1927 году 27 639 000 га, то на 1 га обрабатыв. площади

приходилось в 1927 г. 25 кг калийных удобрений при среднем содержании  $K_2O$  20%.

**Физиологическая роль калия в растениях** сводится гл. обр. к воздействию на процессы передвижения углеводов в растениях от одних органов в другие. Наибольшее содержание калия встречается в молодых жизнедеятельных органах растения—в молодых листьях, почках, живых тканях коры и др. В старых органах растений—в древесине, лубяных волокнах и пр.—калия мало. Калий в отличие от азота и фосфора поступает в растения вплоть до момента полного их созревания. Содержание калия в золе растений колеблется в пределах от 6 до 40%. Наиболее богата калием зола подсолнечника, гречихи и табака, далее идут конопля, лен и злаки; особенно бедна калием зола древесных хвойных пород. Содержание калия в золе одного и того же растения может значительно колебаться в зависимости от богатства калием почвы. Плодородие почв в отношении калия определяет собой в значительной мере вопрос о рентабельности применения калийных удобрений. Среднее содержание калия в литосфере значительно выше, чем например содержание азота и фосфора. Содержание калия в разных почвах колеблется значительно. В черноземах калия значительно больше, чем в подзолах.

Калий входит в состав целого ряда минералов, причем калий большинства минералов (ортोकлас, сандин, микроклин, альбин, элеозит, лейцит, глаукозит) почти недоступен для большинства культурных растений; слабо доступен для растений калий биотита, сравнительно лучше усваивается калий мусковита и еще лучше—калий нефелиновых пород. Валовое содержание в почве калия, или содержание калия в 10%-ной солянокислой вытяжке, характеризует по преимуществу лишь богатство почвы калием, что далеко не всегда стоит в прямой связи с плодородием почв в отношении калия. Для решения практического вопроса о целесообразности применения калийных удобрений на той или иной почве в наст. время предложен ряд лабораторных методов, к-рые можно разбить на две группы: методы химические и методы физиологические. К первым относится метод водных вытяжек и метод химических вытяжек из почвы, во втором—метод Нейбауэра и метод Митчерлиха. В отношении отзвучивости на калийные удобрения растения можно разбить на группы в зависимости от средней потребности в калий урожай и от усвояющей способности растений в отношении почвенного калия. Хорошо реагируют на калийные удобрения сахарная свекла, корнеплоды, картофель, ячмень, табак, конопля, подсолнечник, мак, рапс; средне—лен, красный клевер, пшеница, горох, вика, и озимая рожь; слабо—овес, дудин. Конечно это разделение растений является грубо приближительным, при этом имеются в виду почвы со средним плодородием их в отношении калия и средние урожаи культурных стран Западной Европы. При низком уровне

наших средних урожаев в подавляющем большинстве случаев калийные удобрения не будут давать заметного эффекта даже на фоне азота и фосфора; мало того, эффекта от калийных удобрений можно ожидать лишь в тех случаях, когда на том или ином поле в течение нескольких лет будут получены высокие урожаи на фоне азота и фосфора. Почвами, где калий находится в первом и втором или в первом и третьем ряду с фосфором или азотом, являющиеся песчаные почвы, низинные луга (но не суходолы), осушенные торфяники верхового и переходного типов. Кроме того хорошо реагируют на калий: 1) поля, идущие после 2—3 летнего клевера; 2) поля, на которых интенсивно применялись азотно-фосфорные удобрения без навоза, и 3) сильно истощенные предшествующей культурой почвы на фоне азота и фосфора.

Все изложенное выше находит полное подтверждение в материалах полевых опытов с применением калия, проведенных опытными учреждениями СССР по инициативе Научного института по удобрениям при НТУ ВУНХ (1928 г.). Калийные удобрения вносились совместно с суперфосфатом и азотными удобрениями гл. обр. под растения, отзывчивые на калий: сахарную свеклу, лен-долгунец, картофель и др. (из расчета 45 кг  $K_2O$  на га). Из 59 случаев заметное действие от калийных удобрений было лишь в 13 случаях (см. табл. 4).

Табл. 4.—Рентабельные прибавки от калийных удобрений.

Опытные учреждения	Род почвы	Опытные растения	Средняя прибавка от калийных удобрений	
			в % от урожайн.	в ц/га
Зап. обл. оп. станция (бывш. Зингельгардовская) . . . . .	Оподоленный суглинок	Лен-долгунец (солома)	13,4	2,8
Сев.-Вост. обл. опытн. станция (б. Вятская) Казанская обл. опытн. станция . . . . .	» Вторично оподоленная почва	» Картофель (клубни)	15,1 16,7	5,8 32,7
Алещеевское оп. поле (б. Нижегород. губ.) . . Камышевское оп. поле (Уральский округ).	Супесчаная Темносерый лесной суглинок	» »	17,3 10,3	14,4 14,9
Турское опытное поле (БССР) . . . . . Рудне-Радовольское опытное поле . . . . .	Песчаная Трав.-луговое болото	» Овес (общая сухая масса) Овес (зерно)	37,5 94,0	34,3 4,2
Новозыбь, оп. станция (Зап. обл.) . . . . .	Песок	Лупин (сырая масса)	20,0	57,2
Абянское опытн. поле Орловское оп. поле (север ЦЧО) . . . . .	Супесчаная Темноцветный суглинок Чернозем	Табак (сырые листья) Конопли	10,2 21,5	6,0 4,7
Саливки, сах. з-д . . . . .	»	Сахарная свекла (корни)	13,4	37,8
Благотатное, сах. з-д	»	»	16,9	19,7

На всех четырех песчаных почвах калий дал т. о. хороший результат. Если исключить эти 4 опыта и опыт на болотной почве, то из 54 опытов ясное действие калия, при обеспеченности урожаев азотом и фосфором,

было видно в 8 опытах, что составляет всего 15% всех опытов. Ограниченность действия калийных удобрений в наших условиях подчеркивается другими опытами 1928 года, проведенными по методу Митчеллха в полевой обстановке. Метод Митчеллха позволяет учесть запас усвояемого в почве калия в ц/га. Из 115 почв, на которых были заложены опыты, только в 13 случаях имеем запас усвояемого калия, при котором возможен положительный эффект от калийных удобрений в пределах цифр, приведенных в табл. 1.

Формы калийных удобрений. Наиболее распространенные калийные удобрения, выпускаемые на рынок из Стассфуртских соляных копей (Германия), разделяются на две основные группы: 1) природные продукты (калийные руды) и 2) концентрированные соли, получаемые в результате заводской обработки. В первую группу входят: каинит, сильвинит, карналлит и твердая соль. Во вторую группу — 90%-ный и 96%-ный сернокислый калий, сернокислый калий-магний, хлористый калий 90—95%-ный и 80—85%-ный и калийные соли 20, 30 и 40%-ные. Приводим в табл. 5 данные о химическом составе калийных удобрений (в %), полученные на основании многочисленных анализов.

В опытах 1927/28 г. Научный институт по удобрениям располагал образцами калийных солей Соликамских месторождений, содержащих 6,85, 10,5 и 13,4%  $K_2O$ . Образец 1928 года содержит 29,6% окиси калия.

Условием благоприятствующим действию разных форм калийных удобрений кроме отмеченных выше общих моментов (бедность почвы калием, род растения, устранение недостатка в почве азота и фосфора) является *известкование* (см.) почв. Дело в том, что в подзолистых почвах среди поглощенных оснований имеется водородный ион. Этот поглощенный водородный ион при внесении К. с. может быть вытеснен калием в почвенный раствор, причем в почве создается более кислая реакция. Степень подкисления реакции будет зависеть: 1) от количества поглощенного водородного иона в почве (ненасыщенности почвы) и 2) от характера и количества калийного удобрения. Привнесения в почву, обладающую ненасыщенностью накопленного калийного удобрения, в почвенном растворе создается более кислая реакция, чем при внесении высокопроцентной калийной соли, так как сопутствующие чистым калийным солям, в первом случае, соли натрия или магния



будут также вступать в обменную реакцию с поглощенным в почве водородным ионом. Подкисление реакции почвенной является фактором, неблагоприятным для многих культурных растений, причем это неблагоприятное действие будет тем выше, чем меньше в почве поглощенного кальция. Из этих соображений можно заключить, что действие калийных удобрений усиливается на фоне известкования. Необходимо отметить еще, что хлориды калия оказывают менее благоприятное влияние, чем сульфаты, на табак

Табл. 5.—Химический состав калийных удобрений (в %).

Наименование соли	Гарантированная К <sub>2</sub> O	KCl	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	MgCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub>	Остаток
Калинит . . . . .	12,0	20,0	—	24,0	—	36,5	1,5	Вода 4,5—
Сильвинит . . . . .	13,0	27,5	—	57,0	1,5	3,5	—	26,0% и
Гарцвалит . . . . .	9,0	15,5	—	22,5	21,5	12,0	5,0	нерастворимый
Тв. соль (Патал) (2)	12,0	20,5	—	45,5	2,0	20,3	2,0	осадок
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> { 96%-ный	52,0	Сл.	97,0	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	0,5—3%
{ 90%-ный	48,0	—	91,0	—	—	—	—	
Сернокислый калий-магний	26,0	—	50,5	—	—	28	—	
KCl { 90—85%-ный	50,0	83,5	—	14,5	Сл.	Сл.	—	
{ 80—85%-ный	57,0	92,0	—	7,0	—	—	—	
Калинит { 20%-ная	20,0	33,5	—	40,0	4,0	13,0	2,0	
{ 30%-ная	30,0	43,5	—	28,0	4,0	10,0	2,0	
{ 40%-ная	40,0	64,0	—	21,0	1,0	5,5	2,5	

и картофеля, отрицательно влияя на ароматичность и скороамость первого и понижая крахмальность клубней второго.

Нормы калийных удобрений устанавливаются в пределах от 45 до 50 кг/га (на К<sub>2</sub>O). Повышение доз, как показывают опыты в наших условиях, чаще всего бесполезно. Возможный благоприятный эффект от повышенных доз калийного удобрения д. б. связан с одновременным увеличением доз азотных фосфорнокислых удобрений, причем увеличение доз лучше всего производить под красный клевер, сахарную свеклу, на лугах и осушенных торфяниках. Нормы калийных удобрений на осушенных торфяниках выработаны практикой Германии, Швеции и Финляндии. В течение первых четырех лет культуры низинных торфяников применяются ежегодно 100—125 кг/га окиси калия, на моховых болотах 125—150 кг/га; в дальнейшем дозы надлежит согласовывать с порядком чередования растений. Калийные удобрения можно вносить как перед посевом, так и поверхностно, так как К. с., как и нейтральные, в отличие от суперфосфата, сернокислого аммония и др., не могут оказывать неблагоприятного действия на растения.

Одним из главных условий распространения калийных удобрений является их дешевизна. С открытием Соликамских калийных месторождений перед нами возникают благоприятные перспективы в отношении снижения цен на калийные удобрения; для широкого применения последних надлежит выпускать на рынок высокопроцентные удобрения (с содержанием окиси калия в 30—40%), так как низкопроцентные соли будут невыгодны при далеких перевозках. В качестве калийных удобрений может также применяться и золь (см.).

Лит.: Прилишников Д. Н., Учение об удобрениях. Берлин, 1922; Егорова М. А., Вытросы зеленого луга. Растения. Харьков, 1921; Вегетационные опыты и лабораторные работы. Сборники под ред. проф. Прилишников, т. 6—8, Москва, 1911—13; Дружинин Д. В., Опыты с соликамскими калийными содами, «Труды НИУ», 1929, вып. 61; Маеркер М., Die Kalidüngung. Berlin, 1892; Schleidewitz W., Die Kalidüngung, 4 Aufl., Berlin, 1922; Mottsch W., Die Bedeutung des Kalis, Berlin, 1927; «Die Ernährung der Pflanzen». Berlin, 1926—29.

А. Дружинин.

**КАЛИЙНАЯ СЕТКА**, остов колпачка (чулка), пропитанного азотнокислыми солями тория, церия и других металлов группы редких земель и затем сожженного на пламени горелки, применяемый для придания пламени газовой, спиртовой или керосинокалильной горелки небольшой силы света. В зависимости от устройства горелки сетка делается стоячей (вкл. лист 1, ст. 712) или висячей и вращающейся (вкл. л., 2).

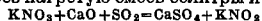
Процесс производства К. с. в настоящее время сводится к следующим операциям. 1) На чулочновязальных машинах вяжется длинный, желаемого диаметра чулок; материал для него могут служить: шелк, вискоза, рами (волокна китайской крапивы) и бумажная пряжа. 2) Связанный чулок обезжиривают щелочами, промывают к-той и окончательно отмывают от всех солей дистиллированной водой. 3) По окончании этих операций чулок centrifугируют и сушат. 4) Разрезанный на куски определенной длины подготовленный чулок опускают в ванну для пропитки солями. Растворы ванн состоят из солей тория, церия, бериллия, иногда хрома; для прочности прибавляют ничтожные количества азотнокислого алюминия и магния, иногда добавляют и борной кислоты. Рецептов для ванн имеется значительное число, но все они сводятся к отношению солей азотнокислого тория к азотнокислому церию, как 99 к 1. Прямь 1% азотнокислого бериллия необходима для прочности сеток и предохранения их от расширения при горении и от раздувания струей газа. 5) Пропитанный чулок отжимают на вальцах с большими предосторожностями, чтобы не произошло обеднения его солями, и сушат.

Дальнейшие операции приготовления К. с. из готового чулка следующие: чулок режут на куски нужной длины, головку сетки пропитывают особым закрепителем, затем шивают асбестовой ниткой, из нее же делают ушко для последующей подвески. Подготовленную т. о. сетку-чулок обжигают на специальных газовых горелках под повышенным давлением, причем все органич. части сгорают и остается скелет из окисей металлов, к-рым сетка была пропитана. Скелет сетки формируется на других горелках под давлением газа ок.  $\frac{1}{2}$  атм, причем достигается полное устранение складок и сетке придается правильный диаметр. Обожженная сетка очень нежна и не м. б. упаков-



Нитрат калия, азотнокислый калий, калийная селитра,  $\text{KNO}_3$ , получается из азотнонатриевой соли,  $\text{NaNO}_3$  (см. *Калийная промышленность, Селитра*); бесцветные кристаллы ромбич. системы, легко растворимые в воде (при  $0^\circ$ —11,5%; при  $50^\circ$ —46,1%; при  $100^\circ$ —71,9%);  $t_{\text{пл.}}$   $338^\circ$ ; уд. в. 2,11; твердость (по Мосу) 2.  $\text{KNO}_3$  легко отдает кислород; на этом основано применение его для приготовления черного пороха (смесь из селитры, угля и серы), зажигательных фитилей, селитренной бумаги (зажигательная бумага при магниевой вспышке) и при приготовлении фейерверков;  $\text{KNO}_3$  служит также консервирующим средством для пищевых продуктов (мяса).

Нитрит калия, азотистокислый калий,  $\text{KNO}_2$ , образует желтоватые кристаллы, расплывающиеся на воздухе, растворяющиеся в  $\frac{1}{3}$  ч. воды, нерастворимые в спирте;  $t_{\text{пл.}}$   $297,5^\circ$ ; уд. в. 1,92. Получается восстановлением расплавленной селитры металлич. свинцом или путем пропускания сернистого газа через нагретую смесь селитры и извести:

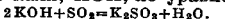


с последующим извлечением нитрита водой и упариванием раствора досуха.  $\text{KNO}_2$  применяется для реакции диазотирования в красочной промышленности и в фотографии как сенсибилизатор.

Сульфат калия, сернокислый калий,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , в природе находится в минералах (глазерите, шените, леоните, полигалите); кристаллизуется в гексагональной системе; белые ромбич. кристаллы; уд. в. 2,67;  $t_{\text{пл.}}$  ок.  $1066^\circ$ , уд. теплоемкость 0,196; теплота образования +345 Cal (по Томсону); растворимость в воде: при  $0^\circ$ —6,85%, при  $10^\circ$ —9,7%, при  $50^\circ$ —14,87%; при  $100^\circ$ —19,41%; теплота растворения с 400 молекулами воды при  $18^\circ$ —6,37 Cal. О получении и применении  $\text{K}_2\text{SO}_4$  см. *Калийная промышленность*.

Бисульфат калия, кислый сернокислый калий,  $\text{KHSO}_4$ , получается из сульфата калия и серной к-ты в виде бесцветных кристаллов уд. в. 2,36, с  $t_{\text{пл.}}$   $210^\circ$ . При прокаливании бисульфат разлагается, выделяя серную к-ту, сернистый газ и кислород; на этом свойстве основано применение его в лабораторной практике для очистки платиновой посуды. В техно-химических процессах он применяется иногда как водоотщепляющий агент.

Сульфит калия, сернистый калий,  $\text{K}_2\text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , бесцветные кристаллы горького вкуса, легко расплывающиеся в сыром воздухе, в спирте почти нерастворимые; получается пропусканием сернистого газа,  $\text{SO}_2$ , в раствор углекислого калия,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , или едкого кали, KOH, по уравнению:



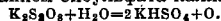
В технике его получают в виде 45%-ного раствора из раствора KOH плотностью  $50^\circ \text{Bé}$ ; в последний пропускают  $\text{SO}_2$  до тех пор, пока ареометр не покажет  $45^\circ \text{Bé}$ , или пока фенолфталеин не перестанет окрашивать пробу раствора. Концентрированный раствор  $\text{K}_2\text{SO}_3$  употребляется при печатании тканей в качестве протравы.

Бисульфит калия, кислый сернистокислый калий,  $\text{KHSO}_3$ , большие прозрачные кристаллы, легко растворимые в

воде, почти нерастворимые в спирте; при нагревании и долгом хранении переходят частично в метабисульфит калия,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ . Для получения бисульфита в кипящий раствор едкого кали или поташа вводят сернистый газ,  $\text{SO}_2$ , до тех пор пока уд. в. раствора не достигнет 11,46; по охлаждению выкристаллизовывается  $\text{KHSO}_3$ . Применяется  $\text{KHSO}_3$  при белили различных материалов (соломы, дубильных экстрактов), в красении и печатании, так как он является сильным восстановителем.

Метабисульфит калия, пиросульфит калия,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ , получается насыщением горячего раствора сульфата калия,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , сернистым газом,  $\text{SO}_2$ ; по охлаждению выкристаллизовывается  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  в виде белого твердого кристаллического порошка;  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  растворяется медленно в воде, плохо в спирте и совсем не растворяется в эфире; применяется в фотографии (фиксаж и составление растворов проявителей) и в виноделии как консервирующее средство.

Персульфат калия, надсернистокислый калий,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ , получается путем электролиза насыщенного раствора бисульфата калия на аноде; катодной жидкостью служит разбавленная серная к-та. В присутствии фтористых соединений электролиз можно вести и без диафрагмы. Другой, чисто химич. способ основан на реакции двойного обмена между персульфатом аммония и сернистокислым калием.  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  образует большие бесцветные кристаллы, водный раствор к-рых медленно разлагается с выделением кислорода и образованием бисульфата калия:



Персульфат калия находит применение в качестве окислителя; в фотографии он входит в состав магниевой вспышки и проявителей.

Сульфиды калия, сернистые соединения, получаются при насыщении KOH сероводородом (получается гидросульфид калия, KSH), при восстановлении сульфата калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$  углем (сернистый калий,  $\text{K}_2\text{S}$ ) и сплавлением поташа с серой. Гидросульфид калия, сульфгидрат калия, KSH, при  $415^\circ$  плавится в подвижную желтую жидкость. При кипячении раствора KSH он выделяет сероводород и превращается в  $\text{K}_2\text{S}$ . Сернистый калий,  $\text{K}_2\text{S}$ , бесцветное тело, уд. в. 1,8,  $t_{\text{пл.}}$   $471^\circ$ , растворим в воде и в спирте, применяется в фотографии при вирировании (для получения желтоватых тонов на бромосеребряных отпечатках). Кроме  $\text{K}_2\text{S}$  существуют еще и полисульфиды калия:  $\text{K}_2\text{S}_2$ ,  $\text{K}_2\text{S}_3$  и  $\text{K}_2\text{S}_4$ , к-рые получаются при сплавлении KOH или  $\text{K}_2\text{CO}_3$  с серой при различных  $t^\circ$ ; при кипячении  $\text{K}_2\text{CO}_3$  или KOH с избытком серы (серным цветом) получается так называемая серная пещенка (смесь  $\text{K}_2\text{S}_2$  с  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), масса красно-коричневого цвета, растворяющаяся в воде; применяется в медицине для серных ванн.

Хлористый калий, KCl, в природе находится в минералах: карналите, сильвините, каините, откуда и добывается (см. *Калийная промышленность*). KCl кристаллизуется из воды в прозрачных кубках; уд. в. 1,98,  $t_{\text{пл.}}$   $768^\circ$ ,  $t_{\text{кип.}}$   $1415^\circ$ ; теплота плавления 86 Cal/мг; растворимость в воде: при

0°—28,5%; при 10°—32%; при 80°—51% и при 100°—56,6%. КСl. Теплота растворения (1 КСl+200 Н<sub>2</sub>O)=4,4 Cal, электропроводность при 776°—2,24 м.с. Применяется для получения других соединений калия и как удобрение (см. *Калийные соли*, удобрения).

Хлорноватистокалиевая соль, гипохлорит калия, КСlO<sub>2</sub>, получается пропусканьем хлора в холодный раствор KOH; применяется в растворах как средство для белия (жавелевая вода). См. *Хлора соединения*.

Хлорноватокислый калий, хлорат калия, КСlO<sub>3</sub>, см. *Бертолетова соль*, *Хлора соединения*.

Перхлорат калия, КСlO<sub>4</sub>, см. *Хлора соединения*.

Хлороплатинат калия, К<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>, см. *Платиновые соединения*.

Бромистый калий, KBr, см. *Брома соединения*.

Иодистый калий, KI, см. *Иода соединения*.

Фтористый калий, KF, получается действием плавиковой к-ты, HF, на едкое кали или на поташ в платиновом сосуде, а также прокаливанием кислой соли KF·HF. Белые кристаллы, весьма гигроскопичные, распадающиеся на воздухе. Раствор имеет щелочную реакцию (см. *Гидролиз*) и выделяет при упаривании (t° ниже 40°) гидрат состава KF·2H<sub>2</sub>O. Помимо нейтральной известны также кислые соли, представляющие соединения KF с одной, двумя или тремя молекулами HF.

Силикат калия, калиевое стекло, кремнекислый калий получается сплавлением кварцевого песка с поташом и углем и поступает в продажу либо в виде твердых стекловидных кусков либо в виде раствора крепкостью 30—33° Вё. Средний состав его—между ф-лами K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·3 SiO<sub>2</sub> и K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>. С небольшим количеством воды силикат набухает в желатиноподобную массу, затвердевающую через несколько дней; из водного его раствора углекислота выделяет кремнезем. Силикат калия служит наполнителем при изготовлении искусственных камней и в мыловарении, для утяжеления шелка, как протрава при крашении, для пропитки дерева и тканей с целью предохранения их от огня и гниения, в живописи (стереохромия), для изготовления лешных архитектурных украшений и т. п.

Перманганат калия, марганцовокислый калий, KMnO<sub>4</sub>, см. *Марганца соединения*.

Тартрат калия, виннокислый калий, см. *Винные кислоты*.

Хромовокислый калий и дихромовокислый калий, см. *Хрома соединения*.

Углекислый калий, карбонат калия, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, см. *Поташ*.

Бикарбонат калия, двууглекислый калий, кислый углекислый калий, КНСО<sub>3</sub>, получается действием углекислоты на раствор поташа при 60°; процесс протекает особенно быстро в присутствии древесного угля; КНСО<sub>3</sub> образует прозрачные кристаллы, легко растворимые в воде; в 100 ч. воды рас-

творяется: при 0°—19,61 ч., при 20°—26,91 ч. и при 50°—37,92 ч. КНСО<sub>3</sub>; на воздухе КНСО<sub>3</sub> устойчив, а при нагревании теряет углекислоту и переходит в К<sub>2</sub>СО<sub>3</sub>.

Лит.: Ост Г., Химическая энциклопедия, Л., 1927; Герштейн Б. Г. И. Экспорт химических продуктов из СССР. «Юри. хим. пром.», М., 1928, т. 5, 5-6; Ullm. Enz.: Handbuch d. anorg. Chemie, hrg. v. R. Abegg u. Fr. Auerbach, B. 1, Lpz., 1908; Mellor, A Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry, vol. 2, L., 1927; Gemellin-Kraus's Handbuch d. anorganischen Chemie, 7 Aufl., Heidelberg, 1905—26.

**КАЛОМЕЛЬ**, см. *Ртутные соединения*.

**КАЛОРЕСЦЕНЦИЯ**, см. *Люминесценция*.

**КАЛОРИМЕТРИЯ**, отдел физики, занимающийся измерением тепловых эффектов (количеств тепла). Приборы, к-рыми пользуются для этих измерений, называются калориметрами. Обычный «нагревательный» калориметр представляет собою сосуд (емкостью 1—3 л), окруженный для уменьшения теплообмена с окружающей средой несколькими «воздушными оболочками». Это достигается помещением его внутри нескольких больших сосудов. Калориметрич. сосуды делаются, по Томсену—Бертело—Оствальду, из полированного металла (посеребренной латуни), причем в наружную оболочку наливается вода для поддержания возможно более постоянной t°. Нернст и Шоттки ввели в употребление, гл. обр. для измерения термич. эффектов (теплот растворения, нейтрализации и т. д.), калориметр из 2—3 вставленных друг в друга тонкостенных стеклянных стаканов. Вводимое в калориметр количество тепла Q повышает его t° на Δt, причем если полная теплоемкость калориметра, его водяной эквивалент (Wassergew., valeur en eau),—K cal/град., то

$$Q = K \cdot \Delta t. \quad (1)$$

При этом Q подбирается (когда это возможно) таким, чтобы Δt составляло 1—3°. Нагреваемым (калориметрическим) веществом в таких калориметрах служит обычно вода или другая жидкость, наливаемая во внутренний сосуд. Изменение t° калориметра определяется термометром, обычно ртутным, на малый t°-ный интервал с делениями в 1/50 или 1/100° (удобны термометры Бекмана с переменным интервалом в 5—6°). В последнее время все чаще используются элктрич. термометрами сопротвления или термоэлементами с большим числом спаев, причем можно учитывать изменения t° в 10<sup>-4</sup> и до 10<sup>-6</sup>°, тогда как наибольшая точность учета изменений t° при помощи ртутных термометров составляет 0,002—0,001°. Водяной эквивалент K калориметра или количество тепла, потребное для нагревания на 1° всей арматуры калориметра + всей калориметрической жидкости, можно определить взвешиванием отдельных частей калориметра. Зная удельную теплоемкость материала каждой части, найдем:

$$K = K_0 + M_s, \quad (2)$$

где K<sub>0</sub>=m<sub>1</sub>c<sub>1</sub>+m<sub>2</sub>c<sub>2</sub>+...=Σm<sub>i</sub>c<sub>i</sub>.  
Здесь K<sub>0</sub>—водяной эквивалент арматуры, M, s—масса и теплоемкость калориметрич. жидкости (в случае воды s=1), m<sub>i</sub> и c<sub>i</sub>—масса и теплоемкость отдельных частей арматуры. При этом в больших калориметрах M ≥ 1 000, и потому нек-рые части арматуры,

мало влияющие на величину  $K$  (напр. термометр), могут не приниматься в расчет. Вычисление водяного эквивалента термометра вызывает вообще затруднения. У хороших калориметрич. термометров (наприм. изготовленных Vaudin и Tonnelot в Париже) вес ртути обозначается на самом термометре. В сплошных термометрах (с наружными делениями на толстостенном капилляре) вычисления облегчаются тем, что теплоемкости  $1 \text{ см}^3$  стекла и ртути приблизительно одинаковы; измеряя объем  $V$  погруженной в жидкость части такого термометра, найдем, что его водяной эквивалент равен  $0,46 V$ . Вообще же лучше всего определять водяной эквивалент калориметра при данной аппаратуре, вводя в него точно известное количество тепла и измеряя вызванное этим повышение темп-ры  $\Delta t$ . По ур-нию (2)

$$Q = (K_0 + Mc) \Delta t, \quad (3)$$

откуда, если  $Q$  — известно,

$$K_0 = \frac{Q}{\Delta t} - Mc. \quad (4)$$

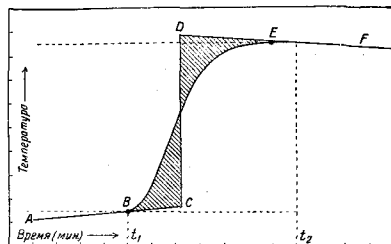
Введение определенного количества тепла, т. е. градуировка калориметра, м. б. произведено тремя способами. 1) При помощи какого-либо тела (т. н. калорифера) известной теплоемкости и массы ( $c_1, m_1$ ), нагреваемого до определенной  $t^\circ = \theta$  и затем помещаемого в калориметр; тогда  $Q = m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta - t_1)$ , где  $t_1$  — конечная  $t^\circ$  калориметра, находимая по  $t^\circ$ -ному ходу, т. е. с поправкой на теплообмен (см. далее). Так, для грубого определения  $K_0$  можно воспользоваться приливанием в калориметр подогретой воды. 2) При помощи хорошо изученной химич. реакции; так например, часто определяют  $K_0$  калориметра калориметрич. бомбой, сжигая в ней навеску сахара ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), для к-рого тепло сгорания с большой точностью определено Ричардсом ( $q = 3951,5 \text{ cal/g}$ ), или бензойной к-ты ( $q = 6324,5 \text{ cal/g}$  при взвешивании в воздухе). 3) Наиболее удобным и точным является электрич. способ определения водяного эквивалента  $K_0$  калориметра. Для этого через спираль тонкой проволоки из материала с высоким сопротивлением и весьма малым  $t^\circ$ -ным коэф-том удельного сопротивления (из манганина или нейзильбера) пропускают электрич. ток силой  $I$  в течение определенного времени  $\tau$ ; падение потенциала  $E$  в спирали при этом измеряют точным вольтметром, вводя поправку на силу тока, ответвляющегося в вольтметр ( $\frac{E}{R}$ , где  $R$  — сопротивление вольтметра). Тогда вводимое в калориметр количество тепла  $Q$  будет равно  $E \left( I - \frac{E}{R} \right) \cdot \tau \cdot 0,2389 \text{ cal}$ .

Основной задачей  $K$  является определение  $\Delta t$  — истинного скачка  $t^\circ$ , отвечающего выделению в калориметре количества тепла. Чтобы при этом исключить влияние теплообмена с окружающей средой, измеряют (фиг. 1) ход  $t^\circ$  калориметра до выделения тепла ( $AB$ ), во время него ( $BE$ ) и после его окончания ( $EF$ ), измеряя  $t^\circ$  через каждые  $\frac{1}{2}$  — 1 мин. (на фиг. 1 изображена типичная форма этих ходов). Представляя эти три периода графически, определяют на графике же  $\Delta t$  ( $= CD$ ), для чего часто бывает достаточно

экстраполировать прямую 1-го и 3-го периода и брать разность их ординат для середины среднего периода. Т. к. этот простой способ подсчета может вызвать при нахождении  $\Delta t$  ошибку в 1—3%, давая обычно несколько большее число, то при более точных измерениях пользуются Ньютоновым законом для кинетики охлаждения:

$$\frac{dt}{dz} = a(t - t_0),$$

где  $z$  — время,  $a$  — константа,  $t$ ,  $t_0$  — темп-ры калориметра и окружающей среды. Егер и Штейнвер, а также Гот дали удобные методы таких более точных подсчетов. Вполне возможно однако вовсе исключить теплообмен простым способом, удобным и при технич. измерениях. Этот способ, состоящий в электрич. определении водяного эквивалента калориметра для каждого  $t^\circ$ -ного скачка, был впервые предложен У. Фишером для термохимич. измерений и м. б. назван электрич. к о м п е н с а ц и о н н ы м способом. Он состоит в том, что в течение того же промежутка времени, к-рый соответствовал измеряемому  $t^\circ$ -ному скачку, в калориметр вводят электрически вполне определенное количество тепла (см. выше), подбирая силу тока

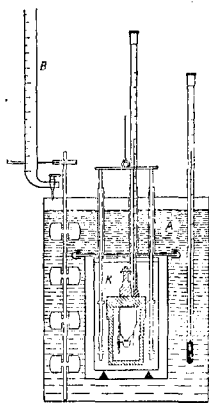


Фиг. 1.

так, чтобы был вызван скачок  $t^\circ$ , возможно более близкий к измеряемому. Строя целую шкалу таких скачков (например через  $0,01^\circ$ ), каждому из к-рых отвечает известный тепловой эффект, легко найти тепло, выделенное в любом опыте, т. к. калориметр теперь уже проградуирован; при этом не только исключается теплообмен, но и термометр играет роль только как бы нулевого инструмента (абсолютные значения делений шкалы термометра м. б. неизвестными).

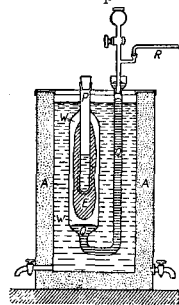
Кроме нагревательного калориметра употребляются адиабатические и изотермические калориметры. Принцип адиабатического калориметра Гольмана-Ричардса (Holman-Richards) состоит в том, что во все время работы калориметра в наружной водяной оболочке поддерживается та же  $t^\circ$ , что и внутри калориметра, чем и исключается теплообмен с окружающей средой. Это достигается например тем, что в наружной оболочке, окружающей калориметр (фиг. 2) по возможности со всех сторон, вызывают химич. реакцию, выделяющую тепло (напр. нейтрализация слабого раствора щелочи к-той, приливаемой из бюретки В), или пропускают электрич. ток, регулируя это компенсирующее выделение тепла соответственно с ходом  $t^\circ$  внутри калориметра, т. е. следя

чтобы  $t^{\circ}$  внутри калориметра  $K$  и в оболочке  $A$  были возможно более близкими. Подобные калориметры служили Ричардсу для весьма точных измерений. Изотермические калориметры особенно удобны тем, что в них выделение тепла происходит при постоянной  $t^{\circ}$ . Эту же  $t^{\circ}$  имеет и внешняя оболочка калориметра, и так, образом принципиально теплообмен м. б. вовсе исключен. Поэтому калориметры пригодны особенно для измерения медленно протекающих тепловых эффектов (при медленных процессах). Изотермические калориметры обыкновенно бывают основаны на явлениях скрытой теплоты перехода из одного агрегатного состояния в другое. Так, в наиболее часто применяемом при точных измерениях



Фиг. 2.

ре Германа-Бунзена, работающим при  $0^{\circ} C$ , внутренний сосуд (тонкостенная пробирка  $P$ ) окружается водой  $W$  (фиг. 3) и на его внешних стенках при помощи выводимой внутрь холодильной смеси намораживается слой льда  $E$ . Измеряемое тепло выделяется во внутренней пробирке  $P$  и идет на расплавление части льда; при этом происходящее во внешнем сосуде  $W$  изменение объема системы вода+лед измеряется по перемещению замыкающего сосуд  $W$  ртутного столбика  $Q$  в капилляре  $R$  или по изменению веса ртuti



Фиг. 3.

на чашке, в к-рую погружен конец этого капилляра (при этом, по Бену, 1 cal отвечает 0,01546 г ртuti). Весь калориметр помещается в ящик  $A$ , наполненный чистым снегом или толченым льдом, служащий внешней оболочкой с той же  $t^{\circ}$ . Несмотря на это практически оказывается необходимым и в ледяном калориметре принимать во внимание малый непрерывный ход ртутного столбика в капилляре. На таком же принципе

устройства и менее употребительные паровые калориметры. Калориметры технические. В технике калориметрами пользуются б. ч. для определения теплотворной способности горючего и калорийности пищи, т. е. для определения теплоты горения соответствующих веществ. При этом навески твердых и жидких веществ сжигаются в т. н. калориметрич. бомбе (помещаемой в воду калориметра), в замкнутом пространстве, наполненном кисло-

родом под высоким давлением в 20—25 atm. Вместо обычной бомбы Бертелло (Лангбейна, Малера, Крекера—см. Бомбы калориметрической) теперь распространено применение такой же бомбы Рота, сделанной из нержавеющей дуплексной стали ( $V_2A$ ). Рот рекомендует делать также внутреннюю оболочку из серебра, бромированного с поверхности (т. е. из AgBr). Применяются и микробомбы с внутренним объемом в 20 см<sup>3</sup>.

Чтобы не пользоваться для сжигания газобразно кислородом под высоким давлением, Парр смешивает с сжигаемым веществом избыток сильно действующего окислителя—перекиси натрия ( $Na_2O_2$ ) в порошке. Этот метод применяется гл. обр. для определения теплотворн. способности углей. Горючая смесь помещается прямо на дно цилиндрич. бомбочки, помещаемой в водяной калориметре (2 л воды) и являющейся одновременно мешалкой. Воспламенение смеси совершается раскаленным железным стерженьком, вводимым в бомбу через специальный клапан. Водяной эквивалент одинаков для всех выпускаемых в продажу приборов:  $K_0 = 123,5$  cal/град.

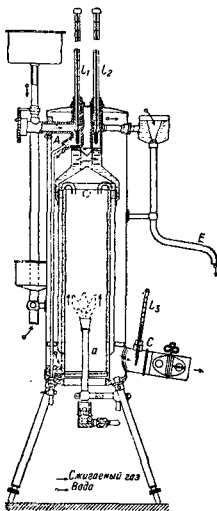
Для определения теплоты горения (тепловотворной способности) горючих газов обыкновенно применяется калориметр Юнкера. Газ, средняя установившаяся скорость вхождения к-рого в аппарат  $v$  л/мин, точно измеряется лабораторным газомером (см.), сжигается в горелке Бунзена  $a$  (фиг. 4). Продукты сгорания, проходя через прибор, отдают полностью развивающееся при сгорании тепло (для контроля служит термометр  $l_2$  у выхода) воде, к-рая протекает в обратном току газов направлении, поступая в  $A$  и вытекая через  $E$ ; установившаяся  $t^{\circ}$  воды при входе и выходе измеряется термометрами  $l_1$  и  $l_2$  (с делениями в  $1/10^{\circ}$ ). Если скорость течения воды  $w$  г/мин, а установившаяся разность  $t^{\circ}$  между  $l_2$  и  $l_1$  равна  $\Delta t$ , то теплотворная способность газа

$$Q = \frac{w \cdot \Delta t}{v} \text{ cal/l.}$$

Если для более точного подсчета учесть количество конденсирующейся при сгорании газа воды ( $n$  г/мин) и водяной эквивалент калориметра  $K$  (обычно малый), то, приводя к литру газа, измеренного при  $0^{\circ}$  и 760 мм ртутного столба, получим:

$$Q = \frac{(w + K) \cdot \Delta t - 0,6n \cdot \frac{273 + t}{273} - 760}{p},$$

где  $t$  и  $p$ —тем-ра и давление поступающего горючего газа. Для определения  $K$  при точ-



Фиг. 4.

ных измерений, калориметр градуируется сжиганием в нем сухого чистого водорода; при этом на 18,016 г образующейся воды выделяется 68 340 cal. Т. к. величина  $K$  мала, обычно можно считать, что при постоянном отношении  $\frac{w}{Q}$  скоростей газа и воды  $Q$  всегда пропорциональна  $\Delta t$ . При этом оба термометра  $l_1$  и  $l_2$  можно заменить одной термопарой, показания которой (в mV или прямо в cal/g) могут передаваться на регистрирующий аппарат. На таком же принципе основан применяющийся в США калориметр Бойса.

Лит.: Лугиян В. Ф. и Щукарев А. Н., Руководство и калориметры, М., 1906; его же, Описание различных методов определения теплот горения органических соединений, М., 1894; Хвольсон О., Курс физики, т. 3, Берлин, 1923; Neerast W., *Ztschr. f. physikalische Chemie*, Lpz., 1888, В. 2, A r n d t K., *Handbuch d. physik.-chemischen Technik für Forscher u. Techniker*, 2 Aufl., Stg., 1923; White P. W., *The Modern Calorimeter*, New York, 1928; Berthelot M., *Thermochimie*, t. 1—2, P., 1897; Fischer E., *Ztschr. f. anorgan. u. allgem. Chemie*, Lpz., 1905, В. 52, p. 581; B. 59, p. 552; Roth W. A., *Ztschr. f. Elektrochemie*, Halle a/S., 1910, В. 16, p. 654, 1911, В. 17, p. 789; Fischer E. u. Wrede Fr., *Ztschr. f. physik. Chemie*, Lpz., 1909, В. 69, p. 218; Schottky H., *ibid.*, 1913, В. 86, p. 425; Neerast W. und Lindemann, *Sitzungsberichte d. Königl. Preuss. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin*, Berlin, 1910; Magalus A., *Physikalische Ztschr.*, Leipzig, 18, Jg., 1907; Roth W. A., *ibid.*, 1907, Jg. 10, p. 588; Schottky H., *ibid.*, 1907, A. L. Th., *Zeitschrift f. physik. Chemie*, Lpz., 1920, В. 95, p. 305; Richter, *Ztschr. f. Instrumentenkunde*, Berlin, 1912, В. 32, p. 177, 234; Junkers, *ibid.*, 1895, В. 15, p. 408; Roth W. A., *Zeitschrift für Elektrochemie*, Leipzig, 1924, В. 30, p. 417, 607; *Lieb. Ann.*, 1915, В. 407, p. 134; Wartenburg u. H. v. a. n., *Z. ang. Chem.*, 1922, Jg. 28, p. 48; Watt, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, Wash., 1900, v. 22, p. 846; 1902, v. 24, p. 167, 1907, v. 29, p. 1606, 1915, v. 37, p. 2515.

**КАЛОРИФЕР**, прибор для нагревания воздуха, применяемый для целей отопления, вентиляции и сушки. Принцип устройства  $K$ . заключается в нагревании воздуха при его движении около горячих стенок каналов или труб, внутри к-рых движется горячая среда. Такой средой служат раскаленные продукты горения, пар или горячая вода, в зависимости от чего  $K$ . делятся на огневые, паровые и водяные.

Теплота передается от горячей среды воздуху через стенку двойным образом: 1) непосредственным соприкосновением воздуха с горячими стенками и 2) лучеиспусканием. Лучеиспусканием выделяется довольно значительная часть тепла, но т. к. вся система каналов или труб заключена в кожух, то это тепло не рассеивается в наружное пространство, а используется в внутри камеры или кожуха для нагревания воздуха, чем повышается полезное действие прибора.

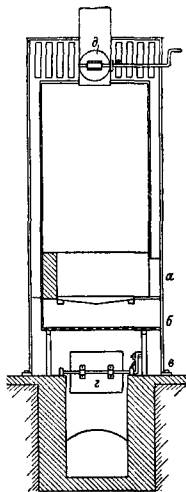
#### Огневые $K$ .

В общем случае огневые  $K$ . представляют собою печь с обыкновенным топливником, откуда горячие газы проходят через систему каналов или труб, а затем удаляются в дымовую трубу. Каналы или трубы расположены на некотором расстоянии друг от друга и заключены в общий футляр или кожух, образуя замкнутое пространство. Нагреваемый воздух входит в кожух через отверстия, сделанные снизу, нагревается и уходит через верхние отверстия по отводным трубам. Передвижение воздуха происходит благодаря уменьшению веса единицы его объема

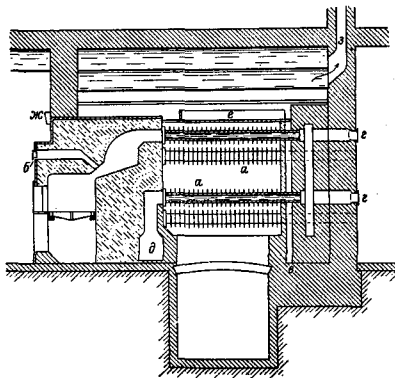
при нагревании, что заставляет воздух двигаться вверх. Нагревательные каналы или трубы, а также кожухи делаются металлич. или кирпичными. По этому принципу различают  $K$ .: 1) малой теплоемкости, имеющие металлич. нагревательные поверхности, и 2) большой теплоемкости, с кирпичными и нагревательными поверхностями.

1. **Огневой  $K$ . малой теплоемкости** (фиг. 1) представляет собою тип комнатного чугунного  $K$ . для точки каменным углем:  $a$  — топочные дверцы,  $b$  — дверцы зольника,  $e$  — дверцы открываемые тогда, когда хотят продолжать топку без возобновления воздуха,  $g$  — заслонка (клапан), для закрывания отверстия, доставляющего свежий воздуху через подпольный канал,  $d$  — заслонка для закрывания печи по окончании топки. Топливник имеет кирпичную облицовку, во избежание сильного раскаливания стенок. Клд таких  $K$ . чрезвычайно мал, т. к. раскаленные топочные газы быстро уходят через трубу наружу, нагревая только тонкую металлическую стенку с незначительной теплоемкостью.

Камеры  $K$ . с металлич. ребристыми трубами и кирпичным кожухом представлен на фиг. 2:  $a$  — дымовые каналы из чугунных ребристых труб,  $b$  — канал для дополнительного выпуска воздуха,  $e$  — прослойка песка для более плотн. соединения труб с кладкой,  $g$  — вычистные дверцы,



Фиг. 1.

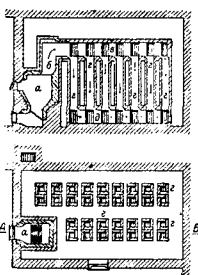


Фиг. 2.

$d$  — бор в дымовую трубу,  $e$  — сосуд для улавливания воздуха,  $ms$  — воронка для наполнения сосуда,  $z$  — хайло жарового воздушно-го канала. Концы труб, прилегающие к топ-

длиннику, укреплены чугуном, обделкой, другие концы входят в отверстия, оставленные в кирпичной стенке опускного дымохода, и могут перемещаться при нагревании и охлаждении. Этот К. имеет значительные кирпичные массы и относится к К. с большей теплоемкостью, чем чисто металлические. Главным недостатком такой конструкции является применение разнородных материалов—металла и кирпича, и-рые вследствие различных коэф-тов расширения при больших  $t^\circ$  дают всегда неплотные соединения. Кроме того на металл. нагревательных поверхностях при  $t^\circ$  120—150° и выше пригорает пыль, благодаря чему образуется угар и нагреваемый воздух приобретает специфический запах.

2. **Огневые И. большой теплоемкости.** Нагревание до высокой  $t^\circ$  металл. каналов или труб в К., слабая способность этих К. аккумулировать тепло и неплотности в соединениях послужили причиной, заставившей заменить металл. поверхности каналов кирпичными. Один из лучших типов таких К., проф. Лукашевича, представлен на фиг. 3. Он состоит из объемистого топливника *a*, над которым



Фиг. 3.

устанавливается один восходящий дымоход *б*; продукты горения по этому дымоходу поступают в верхний горизонтальный распределительный канал *в*, откуда они спускаются по вертикальным каналам (колодцам) *г*; колодцы делают такое количество, чтобы площадь их стенок дала потребную нагревательную поверхность. Пройдя вниз через колодцы, продукты горения попадают в нижний горизонтальный сборный канал *д*, из которого они уходят в дымовую трубу. Между вертикальными дымовыми ходами оставлены проходы для циркуляции нагреваемого воздуха, поступающего внутрь духового пространства извне через нижнее отверстие. Для выхода нагретого воздуха вверху духового пространства делают каналы, соединенные с разводными нагретый воздух трубами. Стенки топливника делают толщиной в  $1\frac{1}{2}$  кирпича, восходящего дымохода—в 1 кирпич. Топливник и первый дымоход облицовывают огнеупорным кирпичом. Стенки верхнего горизонтального дымохода опускных дымоходов, как и нижнего горизонтального канала, имеют толщину в  $\frac{1}{2}$  кирпича и складываются из двух рядов в перевязку. Наружные поверхности как горизонтальных, так и вертикальных каналов штукатурят или смазывают белой глиной. Горизонтальные и вертикальные отдельные дымоходы облицовывают иногда листовым железом, причем стенки вертикальных каналов в этом случае делают лишь в  $\frac{1}{4}$  кирпича. Опускные дымоходы делают внутри квадратного сечения, по 20 см в стороне, в 1, 2 и 4 таких

каналов каждый. Дымоходы снабжены достаточным числом вычистных двойных плотных дверей, расположенных так, чтобы было легко и удобно чистить все внутренние части calorифера. Расстояние между дымоходами в одном продольном ряду берется в  $\frac{1}{2}$  кирпича, для возможности перекрыть его целым кирпичом.

При проектировании огневых К. следует делать их компактными, не допускать нагрева нагревательных поверхностей до слишком высокой  $t^\circ$  и добиваться возможно полного их омывания нагреваемым воздухом. Конструкция К. должна допускать беспрепятственное расширение отдельных его частей, вызываемое изменением  $t^\circ$ ; число стыков должно быть возможно меньшим. Все части д. б. легко доступны для осмотра, ремонта и допускать полную очистку приборов от пыли. Удаление сажи и золы должно производиться вне духовой камеры. Для удобства эксплуатации желательно применение наполнительных конусов, допускающих загрузку топлива на несколько часов и автоматич. регулирование горения. Необходимо полная гарантия непроникания продуктов горения в духовую камеру, т. к. окись углерода, попавшая в нагреваемый воздух, может вызвать отравление людей. Кроме того необходимо ставить К. в подвале или в нижнем этаже, т. к. теплый воздух имеет стремление двигаться вверх; в горизонтальном направлении воздух может двигаться при этом на ограниченное расстояние. Поэтому горизонтальные разводящие трубы (каналы) не д. б. длиннее 6 м, и лишь при тщательной изолировке разводных каналов длина их для третьего и верхних этажей может доходить до 12 м.

**Расчет огневых И.** Для расчета К. необходимо определить количество теплоты, потребное для нагревания воздуха, и размеры нагревательных приборов.

Количество теплоты в Cal, необходимое для нагревания  $L$  м<sup>3</sup> воздуха на  $1^\circ$ :

$$\omega = \frac{L}{1+at} \cdot 1,293 \cdot 0,2375,$$

где  $\frac{L}{1+at}$ —объем воздуха  $L$  данной  $t^\circ$ , приведенный к  $0^\circ$  ( $\alpha = \frac{1}{273}$ —коэф. расширения воздуха), 0,2375—теплоемкость 1 кг воздуха в Cal, 1,293—вес 1 м<sup>3</sup> сухого воздуха в кг при  $0^\circ$  и барометрич. давлении 760 мм. При нагревании от данной темп-ры  $t$  до темп-ры  $t_1^\circ$ , потребуются тепла

$$W = \frac{0,306L}{1+at} (t_1^\circ - t) \text{ Cal.}$$

Нагревательные поверхности рассчитывают на основании законов теплопередачи. Теплопередача от одной среды к другой через разделяющую стенку может быть вычислена из уравнения:

$$F_1 \cdot k_1 (t' - t_{\text{ст.}}) = \frac{F_1 + F_2}{2} (t_{\text{ст.}} - t_{\text{нар.}}) \frac{1}{t_1} - F_2 \cdot k_2 (t_{\text{нар.}} - t''),$$

где  $F_1$  и  $F_2$ —площади внутренней и наружной поверхностей в м<sup>2</sup>,  $t'$ —средняя темп-ра нагревающей среды,  $t_{\text{ст.}}$  и  $t_{\text{нар.}}$ —средние темп-ры поверхностей разделяющей стенки,  $t''$ —средняя темп-ра нагреваемого воздуха,  $k_1$  и  $k_2$ —коэф-ты теплопередачи внутрен-



ней и наружной поверхностью стенки в  $\text{Cal}/\text{м}^2$  град  $^{\circ}\text{C}$ ,  $\lambda$ —внутренняя теплопроводность разделяющая стенки в  $\text{Cal}\cdot\text{см}/\text{м}^2\cdot\text{час}^{\circ}\text{C}$ ,  $l$ —толщина стенки в см; при плоских стенках  $R_1=R_2$ . В практике обычно пользуются упрощенной ф-лой:

$$W = F \cdot k (t' - t''),$$

где  $W$ —количество тепла в  $\text{Cal}/\text{час}$ , передающееся через стенку нагреваемому воздуху в час,  $k$ —коэф. теплопередачи стенок в  $\text{Cal}/\text{м}^2\cdot\text{час}^{\circ}\text{C}$ ,  $t'$  и  $t''$ —средние темп-ры нагревающей среды и нагреваемого воздуха. Эти темп-ры получаются из начальных темп-р  $t_0'$  и  $t_0''$  и конечных  $t_1'$  и  $t_1''$  как средние арифметические, т. е.

$$t' = \frac{t_1' + t_0'}{2} \quad \text{и} \quad t'' = \frac{t_1'' + t_0''}{2};$$

для определения же поверхности нагрева (в  $\text{м}^2$ ) получим выражение:

$$F = \frac{W}{k \left( \frac{t_1' + t_0'}{2} - \frac{t_1'' + t_0''}{2} \right)}$$

1) Расчет огневых К. малой теплоемкости с металлич. нагревательными поверхностями. Определение размеров металлич. нагревательных труб для К. малой теплоемкости ведется на основании экспериментальных данных, причем считают, что теплоотдача  $h_0$  с 1  $\text{м}^2$  поверхности металлич. ребристых труб равна 1 200—1 500, а металлических гладких труб—1 500—2 000  $\text{Cal}/\text{час}$ . Диаметры этих труб делают равными 150—200 мм. Если  $W$ —количество тепла, потребное в час для нагревания воздуха, то необходимая нагревательная поверхность  $F$  металлич. труб, напр. гладких труб с отдачей в 2 000  $\text{Cal}/\text{час}$  на 1  $\text{м}^2$ , равна (в  $\text{м}^2$ ):

$$F = \frac{W}{h_0 \cdot 2000}$$

Для получения количества теплоты, затраченной топливом, нужно величину  $W$  разделить на произведение КПД нагревательных поверхностей на коэффициент совершенства горения в топке, равный 0,50—0,80, в зависимости от разных условий. Расчет топок см. *Топки*.

2) Расчет огневых К. большой теплоемкости для целей отопления производится на максимальную часовую потерю тепла внешними ограждениями отапливаемых помещений.

Определив все теплопотери, равные  $W_{\text{расч.}}$ , приступают к расчету нагревательной поверхности К. Она вычисляется по ф-ле

$$F = \frac{W_{\text{расч.}}}{h_0},$$

где  $F$ —поверхность нагрева К. в  $\text{м}^2$ , а  $h_0$ —коэф-т теплоотдачи К., равный  $k (t' - t'')$ . На практике принимают, что 1  $\text{м}^3$  массива К. аккумулирует (при одной топке в сутки) ~30 000  $\text{Cal}$ ; к этому количеству добавляется 20%, т. е. 6 000  $\text{Cal}$ , за счет аккумуляции стенками камеры и стенками жаровых каналов; следовательно принимают на 1  $\text{м}^3$  массива 36 000  $\text{Cal}$ , к-рые выделяются К. при его действии в течение суток. Можно считать также, что на 1  $\text{м}^3$  поверхности нагрева К. приходится по 0,15  $\text{м}^3$  массива и при одной топке в сутки можно принять  $h_0$ —теплоотдачу 1  $\text{м}^3$  К. в час равной 240  $\text{Cal}$ ;

на каждые 0,01  $\text{м}^3$  разницы в массиве К. прибавляют или убавляют по 10  $\text{Cal}$ . На основании этих данных определяют нагревательную поверхность К. и затем выбирают подходящую конструкцию. Высоту К. с вертикальными колодцами принимают 2,5—3,0 м. Нагревательную поверхность колодцев практически определяют из высоты К.  $h$ , периметра каждого колодца  $p$  и числа колодцев  $n$ , так что

$$F = p \cdot h \cdot n;$$

топливник с первым ходом принимается за один колодец и входит в число  $n$ . Вычислив количество колодцев и их размеры, получают общий размер массива К., равный  $V \text{ м}^3$ . Количество аккумулированного за сутки тепла при этом будет равно  $V \cdot 30\,000 \text{ Cal}$ . При часовом расходе тепла  $W_{\text{расч.}}$   $\text{Cal}/\text{час}$  этого запаса тепла хватит на  $\frac{V \cdot 30\,000}{W_{\text{расч.}}}$  час.

Если кроме расхода тепла в помещениях необходимо подогревать холодный наружный воздух, для чего потребуются за сутки 24  $W_{\text{возд.}}$   $\text{Cal}$ , то запаса тепла в К. хватит на  $\frac{V \cdot 30\,000 - 24 W_{\text{возд.}}}{W_{\text{расч.}}}$  час. Количество топлива  $B$  (в кг), сжигаемого в топливнике в час:

$$B = \frac{24 \cdot W_{\text{расч.}}}{m \cdot \eta \cdot q},$$

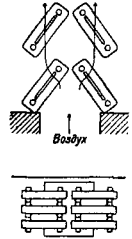
где  $m$ —число часов (4—5) топки за сутки,  $q$ —КПД К., равный ~ 0,70, и  $q$ —теплотворная способность топлива в  $\text{Cal}/\text{кг}$ .

Имея все величины, зная  $W_{\text{расч.}}$  и определяя по нему и заданным температурам объем воздуха, легко рассчитать сечение каналов для входа в К. нагреваемого воздуха и для выхода нагретого.

#### Паровые и водяные К.

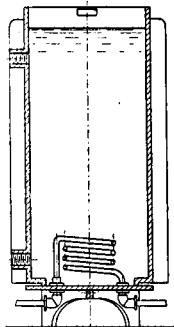
Паровые и водяные К. получают нагревающую среду от паровой или водяной центральной системы. Они разделяются по способу движения нагреваемого воздуха, к-рый может протекать через К.: 1) естественным путем благодаря изменению веса единицы его объема при нагреве и 2) с побуждением при помощи вентилятора.

1. К. с естественным притоком свежего воздуха. Тип, изображенный на фиг. 4, представляет собою обыкновенные водяные радиаторы, поставленные либо наклонно (при входе наружного воздуха снизу) либо вертикально рядами (при движении воздуха горизонтально), причем для лучшего действия их ставят в шахматн. порядке. На фиг. 5 изображен старый тип нагревателей, устанавливаемых по несколько штук в отдельной камере, для нагревания наружного воздуха. Нагреватель сделан из котельного железа, гладкий, иногда чугунный, с вертикальными ребрами, наполнен водой, к-рая нагревается паром при помощи змеевика. Эти нагреватели из гладкого железа применялись для нагревания помещений особого назначения, напр. больниц, так как допускают легкую очистку их поверхностей от пыли. Сверху нагревателей устанавлива-



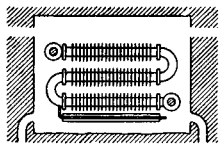
Фиг. 4.

лись увлажнительные бачки. К., изображенный на фиг. 6, состоит из ребристых труб и нагревается паром; он также снабжен



Фиг. 5.

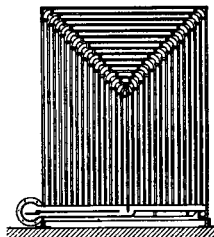
увлажнительными приспособлениями. В указанных К. количество воздуха, протекающего естественным путем, не м. б. велико благодаря его малым скоростям и низкому коэф-ту теплопередачи. Опытами определено, что коэф. теплопередачи нагревающей стенки (см. ниже) сильно увеличивается при увеличении скорости движения воздуха ок. нее. Поэтому такие К. стали заменять более усовершенствованными типами, а с сильно развитыми поверхностями нагрева и с побудительной продвухой вентилятором нагреваемого воздуха.



Фиг. 6.

Нагревающей средой в этих К. служит гл. обр. пар, при к-ром получается наивысший коэф-т теплопередачи от стенок прибора.

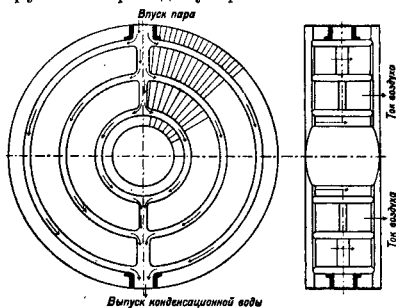
**2. К. с побудительным движением воздуха** при помощи вентилятора. На фиг. 7 изображен К. сист. Стюртеванга, нагревательные поверхности к-рого состоят из ряда стальных гладких труб с наружным диам. 25—33 мм; эти трубы входят в литую стальную раму с просветом между ними 5 мм; вся секция заключается в кожух из листового железа и соединяется с вентилятором. В последнее время в Германии применяются ромбоидальные радиаторы, устанавливаемые в шахматном порядке (см. *Зерносушилки*); удобство чистки и хороший коэф-т теплоотдачи обеспечивают им значительное распространение. Ребристые чугунные трубы с литанием паром при интенсивном движении воздуха около них обычно не применяются, т. к. ребра быстро охлаждаются, не успевают нагреться до 1° самой трубы и поэтому часто лопаются. Пластинчатый калорифер Юнкера представляет тоже систему ребристых труб, но не имеет указанных выше недостатков. Он состоит из нескольких



Фиг. 7.

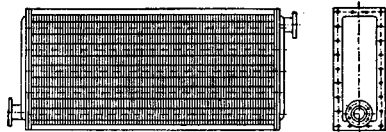
рядов плоских и узких медных трубок, в которых движется пар или вода; трубки расположены на 50 мм друг от

друга параллельными рядами или по дугам концентрических окружностей. Между трубками перпендикулярно к ним вставлены



Фиг. 8.

медные зигзагообразно изогнутые пластинки. По окончании сборки весь калорифер опускают в расплавленное олово, которое, покрывая все нагревательные поверхности тонким слоем, одновременно припаяет пластинки к трубкам, образуя с ними металлическое соединение. Вследствие большой теплопроводности меди, пластинки быстро прогреваются соседними трубками. Такие же К. делают из железных труб с железными пластинками. Весь такой элемент покрывается цинком, для достижения металлич. соединения пластинок с трубами. У железных пластинчатых К. вследствие меньшей теплопроводности железа расстояние



Фиг. 9.

между трубками делают меньше, а потому свободная площадь для прохода между ними воздуха также уменьшается. Просветы между пластинками равны 4—5 мм, и через



Фиг. 10.

Весь элемент снаружи закрывается кожухом из котельного железа. На фиг. 8 изображен тип круглого пластинчатого К., на фиг. 9 — К. прямоугульной формы. Эти калориферы очень компактны, просты для ухода и чистки, отличаются большой производительностью и удобно соединяются с вентиляторами. На фиг. 10 показано соединение К. в агрегат с винтовым

вентилятором. Такой прибор легко м. б. укреплен на стенах, колоннах. Здесь холодный воздух входит под К., протягивается через последний и нагнетается вентилятором в помещение.

**Расчет паровых и водяных К.** Согласно указанным выше ф-лам для расчета К., необходимо иметь заданными часовое количество нагреваемого воздуха и его начальную и конечную темп-ру. Этим определяется потребность в нагревании количество тепла— $W$  Cal/час. Затем д. б. задана нагревающая среда и ее средняя  $t^\circ$ . Далее выбирается система К. и находится по таблицам или диаграммам величина  $k$  коэф-та теплопередачи. Подставляя эти величины в формулу

$$F = \frac{W}{k \left( \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t_3 + t_4}{2} \right)} = \frac{W}{k},$$

где  $k_0$ —теплоотдача при данных условиях, получим требуемую величину нагревательной поверхности в м<sup>2</sup>. Величина  $k$  сильно меняется в зависимости от скорости движения воздуха около нагревательных поверхностей. Для К. с естественным, медленным движением воздуха величина теплоотдачи  $k_0$  м. б. взята из табл. 1 [1].

Табл. 1.—Теплоотдача  $k_0$  при средней  $t^\circ$  воздуха  $0^\circ$  и нормальном барометрическом давлении (Cal/м<sup>2</sup> ч.).

Род поверхности нагрева	При питании водой $t^\circ$ 60—80°	При питании паром
Гладкие чугунные радиаторы . . . . .	6,0—7,3	7,0—9,0
Рёбристые чугунные трубы . . . . .	5,0—5,5	6,0—6,5
Цилиндрич. железные или чугунные калориферы . . . . .	8,0—8,5	—

Для радиаторов (фиг. 4) при разных скоростях воздуха  $k_0$  м. б. взяты из табл. 2 и 3 [1, 2].

Табл. 2.—Теплоотдача  $k_0$  радиаторов при нагреве водой (Cal/м<sup>2</sup> ч.).\*

Скорость воздуха в м/сек	Скорость воды в секциях в м/сек		
	0,002	0,005	2,00
0,20	6,6	6,9	7,2
0,30	8,2	8,7	9,2
0,40	9,5	10,2	10,9
0,50	10,7	11,6	12,5
0,60	11,8	12,8	14,0
0,80	13,7	15,1	16,7
1,00	15,2	17,0	19,1
1,20	16,6	18,8	21,4
1,40	17,9	20,4	23,5
1,60	19,1	21,9	25,5
1,80	20,1	23,2	27,4
2,00	21,0	24,5	29,2
2,25	22,2	26,0	31,4
2,50	23,2	27,5	33,5
2,75	24,1	28,8	35,6
3,00	25,0	30,1	37,5

\* Приведенные величины умножают при средней  $t^\circ$  воздуха:  $-10^\circ$  на 1,02;  $+10^\circ$  на 0,98;  $+20^\circ$  на 0,98;  $+30^\circ$  на 0,94;  $+40^\circ$  на 0,92;  $+50^\circ$  на 0,90.  
Величины  $k_0$  даны (в Cal) как функции скорости воздуха в приточном канале при средней  $t^\circ$  воздуха  $0^\circ$  и норм. барометр. давлении; нагревающая среда—горячая вода при средней  $t^\circ$  в  $80^\circ$ .

Табл. 3.—Теплоотдача  $k_0$  радиаторов при нагреве паром.\*

Скорость воздуха в м/сек	Теплоотдача $k_0$ в Cal/м <sup>2</sup> ч	Скорость воздуха в м/сек	Теплоотдача $k_0$ в Cal/м <sup>2</sup> ч
0,20	7,2	1,40	23,5
0,30	9,2	1,60	25,5
0,40	10,9	1,80	27,4
0,50	12,5	2,00	29,2
0,60	14,0	2,25	31,4
0,80	16,7	2,50	33,5
1,00	19,1	2,75	35,6
1,20	21,4	3,00	37,5

\* Приведенные величины умножают при средней  $t^\circ$  воздуха:  $-10^\circ$  на 1,02;  $+10^\circ$  на 0,98;  $+20^\circ$  на 0,98;  $+30^\circ$  на 0,94;  $+40^\circ$  на 0,92;  $+50^\circ$  на 0,90.  
Величины  $k_0$  даны (в Cal) как функции скорости воздуха в приточном канале при средней  $t^\circ$  воздуха  $0^\circ$  и нормальном барометрическом давлении; нагревающая среда—пар при 1—3 ат асб.

Воздух, проходя через группу радиаторов, встречает сопротивление при своем движении, к-рое преодолевается либо естественной тягой либо вентиляторами. Величины сопротивления указаны в табл. 4.

Табл. 4.—Потеря напора  $h$  в мм вод. ст. в го столба (группа радиаторов).\*

Скорость воздуха в м/сек	Потеря напора в мм вод. ст.	Скорость воздуха в м/сек	Потеря напора в мм вод. ст.
0,20	0,007	1,40	0,220
0,30	0,014	1,60	0,280
0,40	0,023	1,80	0,346
0,50	0,035	2,00	0,419
0,60	0,048	2,25	0,518
0,80	0,080	2,50	0,626
1,00	0,120	2,75	0,743
1,20	0,167	3,00	0,869

\* Приведенные величины умножают при средней  $t^\circ$  воздуха:  $-10^\circ$  на 1,07;  $+10^\circ$  на 0,94;  $+20^\circ$  на 0,88;  $+30^\circ$  на 0,83;  $+40^\circ$  на 0,78;  $+50^\circ$  на 0,74.  
Величины  $h$  даны как функции скорости воздуха в приточном канале при средней  $t^\circ$  воздуха  $0^\circ$  и нормальном барометрическом давлении.

Пластинчатые К. у нас изготавливают Гос. механическим и чугунолитейным з-дом «Кю-оператор» в Ленинграде и другими заводами. Теплоотдача этих К. определяется в зависимости от скорости  $v$  м/сек воздуха, проходящего через них; для пара низкого давления  $k_0 = 2 + 7V$ , для воды  $k_0 = 2 + 5,5v$  Cal/м<sup>2</sup>ч. Сопротивление воздуха при этом (в мм вод. ст.)  $h = 0,055 v^2$ . Скорости воздуха принимают от 6 до 20 м/сек. Максимальная длина секции—1 420 мм. При этой длине поверхность нагрева  $\approx 43$  м<sup>2</sup>; длина в 0,033 м дает поверхность нагрева в 1 м<sup>2</sup>; при длине секции 1,0 м поверхность нагрева  $\approx 30$  м<sup>2</sup>. Живое сечение в этих приборах равно 40% общей площади прибора. Для увлажнения воздуха при этих К. ставят разбрызгиватели воды (форсунки), к-рые помещают непосредственно за К., во избежание замерзания воды зимой (при подаче воздуха снаружи). При нескольких секциях, помещенных последовательно, форсунки ставят между секциями, что полезно для предотвращения попадания капелек воды в помещение, ибо при подогривании воздуха он уве-

личивает свою влагоемкость, уменьшая при этом относительную влажность.

Лит.: 1) Ритцель Г., *Руководство по отоплению и вентиляции*, т. 1—2, пер. с нем., М.—Л., 1928; 2) Чадкин В. М., *Курс отопления и вентиляции*, вып. 2, 3 изд., М.—Л., 1928; 3) Роберт Г., *Введение в теорию теплопередачи*, пер. с нем., М., 1929; 4) Азаизев А. П., *Справ. по отоплению и вентиляции*, М., 1928; 5) Адашии и Б. С., *Справ. по центр. сист. отопления и вентиляции*, М., 1927; 6) Рикель Ф., *Основы теплопередачи*, пер. с нем., М., 1928; 7) Чадкин В. М., *Правд. архитектура. Части здания*, 6 изд., т. 3—4, СПб., 1919, в. *Детерм.*

**КАЛОРИЯ**, единица количества тепла; малая калория (15°),  $\text{cal}_{15}$  (э-калория), есть количество тепла, потребное для нагревания 1 г воды на 1° от 14,5 до 15,5°. Исследования Роуленда, Гриффитса, Егера, Штейнвера и др. показали, что  $\text{cal}_{15}$  с большой точностью можно принять равной средней К. при нагревании между 0 и 100° ( $\text{cal}_{0-100}$ ), т. е.  $\frac{1}{100}$  количества тепла, потребного для нагревания 1 г воды от 0 до 100°. Большая К. (Cal), или *ка-калория*, в 1 000 раз больше малой. 1  $\text{cal}_{15}$  = 4,185 джоули абс. Английская тепловая единица BTU (British thermal unit) = 1 054,8 джоуля абс. = 252,043  $\text{cal}_{15}$ ; 1  $\text{cal}_{15}$  = 0,00396758 BTU.

Лит.: Griffiths F. H., *The Thermal Measurement of Energy*, Cambridge, 1901; *Handbuch d. Physik*, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 9, В., 1926.

**КАЛЬКА**, б. или м. прозрачный тонколистовой гибкий материал, выделяемый из волокнистого основания (бумага, ткани) соответствующего пропиточку. К. применяется гл. обр. в полиграфич. промышленности при копировании чертежей и рисунков, для защиты изображений (подлинников и воспроизведений), напр. в книгах, для украшения, транспарантов и т. п.; некоторые виды К. вследствие своей относительной газо- и влагопроницаемости, а также известной стойкости против химич. реагентов и жиров, применяются в качестве укупочочных и preservационных средств (см. *Восковые составы*).

Технич. требования, предъявляемые к К., таковы: 1) она должна обладать достаточной прозрачностью, соответствующей техническ. назначению данного сорта К.; 2) д. б. бесцветной или слабо окрашенной, но у слоуком в голубизну, а не в желтизну (в противном случае затрудняется светокопирование и фотографиярование); 3) не должна допускать капиллярного растекания и просачивания красок, туши и чернил; 4) должна обладать вполне гладкой и ровной поверхностью, без складок, складок, мятых или вмятых мест, проколов и заметных пор; 5) поверхность ее д. б. не маслянистой и хорошо принимать карандаш, акварельную краску, тушь, чернила, допуская при этом стирание резинкой, а также по возможности выскабливание и смывание; 6) К. должна обладать достаточной механич. прочностью на разрыв, изгиб, загибание и достаточной гибкостью, допускающей накручивание на цилиндры малого диаметра; 7) калька не должна изменяться при длительном хранении (желеть, делаться ломкой, утрачивать прозрачность); 8) калька должна иметь определенные геометрические размеры, без складок; наконец 9) от К. временного действия требуется точное восстановление первоначальных свойств исходного волокнистого основания—цвета, механической прочности, вида поверхно-

сти. Производство К. основано на заполнении воздухоносных пор между волокнами целлюлозного основания прозрачными веществами с показателем преломления не меньшим, чем у вещества самих волокон. Так как последнее само по себе (в массе) вполне прозрачно, то заполнение пор другим прозрачным наполнителем делает К. в достаточной мере прозрачной. Вместе с тем это заполняющее вещество должно устранять капиллярность волокнистого основания, делать поверхность К. гладкой, уничтожать гигроскопичность и предотвращать механич. и гигроскопич. изменения формы. Разнообразие видов К. вытекает из возможности весьма различно подбирать состав пропитывающих веществ и способы пропитки, а также из выбора того или другого волокнистого основания. По роду волокнистого основания кальки делятся на бумажные и тканевые. По пропитывающему составу—на смоляные, олифные, желатиновые, керосиновые и т. д. При функциональной классификации можно делить К.: а) на К. временного действия, прозрачные лишь в течение нек-рого срока и затем превращающиеся в исходное волокнистое основание (гл. обр. бумагу), и б) К. постоянного действия, навсегда сохраняющие свою прозрачность.

Производство К. требует прежде всего тщательного выбора волокнистого основания, так как последующей пропиткой нельзя исправить основных недостатков этого основания—недостаточной механической прочности, несоответственного цвета, неоднородности или грубости строения и т. д. Если волокнистое основание д. б. бумажное, то берется неупроцен. лучшая папирсовая (шелковая) бумага белого цвета. Тканевое основание д. б. полотняного переплетения, все нити к-рого весьма тонки и однородны по толщине, без узлов и неровностей, белого цвета. Такая ткань д. б. достаточно плотна и вместе с тем тонка; наиболее пригодны для этой цели хлопковые ткани—тонкие сорта колленкора (хотя соответственная К. нередко называется «полотняной» или «восковым полотном»).

Процессы пропитки волокнистого основания довольно разнообразны. 1) Для выделки бумажной К. временной прозрачности за основание может браться бумага более толстая, чем папирсовая. Для пропитки бумагу расстилают на вполне плоской доске (лучше всего на шлифованном стекле) и протирают под значительным давлением мягкой губкой, предварительно погруженной в керосин и затем выжатой; если бумага толста, то ее приходится перевернуть, протереть с другой стороны. Такая К. восстанавливает свою непрозрачность через несколько недель; в случае надобности этот процесс м. б. задержан на целый год, если держать К. в герметически закрытой коробке. Для раскраски скопированного рисунка акварельными красками из К. предварительно удаляют керосин нагреванием на теплой плите. 2) Другой сорт бумажной кальки с временной прозрачностью получается покрытием основания с одной или с обеих сторон, смотря по толщине, смесью нефтяного осветительного масла (с  $\rho_{\text{масл.}}$  150—200°) и тяжелого бензина

(с  $t^{\circ}_{\text{кр.}}$  120—150°), или же других нефтяных или буроугольных фракций с  $t^{\circ}_{\text{кр.}}$  100—170° или соответственно 160—195°. 3) Примером перехода к К. постоянной прозрачности может служить бумажная К. с временной (но уничтожаемой по произволу) прозрачностью. По К. Пушеру она изготовляется пропиткой бумаги раствором касторового масла в 1,2 или 3 объемах абсолютного спирта, в зависимости от толщины бумаги; по испарении спирта бумага готова к употреблению и может быть сделана снова непрозрачной погружением в абсолютный спирт. Сохраняющаяся прозрачность бумажной или коленкоровой К. достигается пропиткой волокнистого основания смолами, восками, олифою, каучуком. В качестве смолы применяется гл. образом хорошо отбеленный шеллак или копал, растворенный в спирте; однако слишком большая хрупкость этой смолы вызывает необходимость добавлять к ней другие смолы — сандалак, мастику, венецианский терпентин. Лак наводится на волокнистое основание различными способами: вручную — посредством широкой мягкой кисти, слегка обжимаемой о край сосуда, или пропусканием бумаги через ванну, пропускаемому через вальцы, смачиваемые лаком, с последующим распределением лака по волокнистому основанию щетками, и т. д. После покрытия и пропитки К. должна быть просушена, в некоторых случаях — при умеренном нагревании. Отбелка шеллака для К. производится при помощи животного угля, к-рый предварительно обрабатывают соляной к-той (1 ч. к-ты на 2 ч. воды) в течение многих дней, а затем весьма тщательно омывают водою и просушивают. Спиртовой раствор шеллака пропускается через уголь, находящийся в воронке с крышечкой; носик воронки вставляется в пробку приемника, а этот последний сообщается посредством трубки, проходящей через указанную крышечку, с широкой частью воронки. Ниже приводятся рецепты лаков для производства К., причем числа относятся к весовым частям соответствующих веществ. 4) Коленкоровая К.: элми 2—4, отбеленного шеллака 10, мастики 2,96%-ного винного спирта 15; в случае, если желательно иметь более тонкий слой, лак разбавляют винным спиртом или 5) отбеленного шеллака 20, мастики 3, венецианского терпентина 2—5, винного спирта 50, эфира 10. 6) Бумажная К.: отбеленного шеллака 15, мастики 5, 96%-ного винного спирта 100. 7) Восковая бумажная калька: отбеленного пчелиного воска 10, 96%-ного винного спирта 30, эфира 5; бутылку с этой смесью держат несколько дней в умеренно теплом месте и часто встряхивают. 8) Бумажная К. по Г. Э. Вагнеру: бумагу сначала пропитывают бензином, а затем специальной олифой, к-рая получается 8-часовою варкой: свиновоег стружек 1, окиси цинка 5, венецианского терпентина 0,5 с льняной олифой 20; после отстаивания в течение нескольких дней осветленную жидкость разбавляют копальным лаком 5 и спиртовым или эфирным раствором сандалака 0,5—1. 9) Бумажная и коленкоровая К. [1]: бумагу покрывают вареным льняным маслом и по удалении избытка масла бензином промывают хлор-

ной водою, а затем обрабатывают перекисью водорода; ткань перед покрытием льняным маслом д. б. покрыта грахмалом; обработка заканчивается вальцеванием. 10) Муслиновая К.: на муслин наносят губкой смесь из скипидара 8, касторового масла 8, канадского бальзама 2, копайского бальзама 1, после чего ткань скатывают и по прошествии 36 часов с нее снимают избыток масляной смеси. 11) Бумажная К. [2]: бумагу пропитывают раствором венецианского терпентина и каифоли в смеси скипидара и четыреххлористого углерода или пропитывают смесью [3] касторового масла и скипидара. 12) Полотняная К.: алпретированное полотно пропитывают составами, применяемыми для пропитки бумажной К. [4]. 13) Водонепроницаемая пергаментная К.: пергаментную бумагу покрывают тонким слоем лака, разведенного бензином [6]. 14) Бумажная К.: изготовляют сливанием две смеси — одну из 5 ч. парафина, 10 ч. канадского бальзама, 50 ч. скипидара, а другую — из 7 ч. парафина, 20 ч. каифоли и 20 ч. элми; затем их сливают и добавляют 120 см<sup>3</sup> скипидара. Полученным раствором покрывают бумагу 1—2 раза. 15) К. для «окошек» в конвертах: растворяют 37 ч. тонко измельченного даммара в 20 г скипидара; к отфильтрованному раствору добавляют 130 г макового масла [4]. 16) Воздухо- и водонепроницаемая К.: бумагу пропитывают коллоидным спиртовым раствором набухшей желатины или агар-агара в спирте и отверждают желатину формальдегидом или квасцами; затем ее покрывают раствором расплавленной смолы, воска и масла, желательно — с добавкой свиного масла. Такая бумага применяется для обертки сигарет [7]. 17) Бумажная К.: бумагу покрывают смесью из 1 ч. вареного льняного масла и 7 ч. бензинового 20%-ного раствора каучука. 18) Бумажная К.: на непроклеенную или шелковую бумагу наносят при помощи каменного валика вареное льняное масло, подвергают ее прессовке и с обеих сторон покрывают смесью из 2 ч. раствора копала или янтаря в льняной олифе (экипажный лак) и 1 ч. чистого терпентина; после просушки ее обмывают мыльной водою, затем холодной водою, прессуют и сатируют [8].

При пользовании К., особенно коленкоровой и больших размеров, возможны деформации ее от влаги и нагревания; поэтому К. следует натягивать на доску и хорошо прикалывать или приклеивать по краям. Чернение производят на глянцевой стороне К.: для лучшего приставания туши эту поверхность протирают порошком мела. Для той же цели иногда покрывают готовую бумажную К. раствором гуммиарабика или декстрина, куда полезно добавлять несколько капел раствора хлористого кальция (30° Вé) с целью воспрепятствовать чрезмерному высыханию слоя. Для лучшего приставания к плиточной туши добавляют при натирании мыло, бычьего желчь, а также ихтиол. Раскраска чертежа на коленкоровой кальке делается с матовой стороны. Чтобы скрыть поправки, протирают исправленное место минеральным маслом. В тех случаях, когда желают затруднить возможность снятия светокопий с копии на К., оборотную сто-

рону копии покрывают светонепроницаемой краской или краской, поглощающей активные лучи (напр. желтой, красной), или наконец подклеивают бумагой [9]. Исполненные чертежи на колленкоровой К. могут быть экстрагированием пропитывающих веществ вновь превращаемы в ткани, к-рые идут на хирургические перевязки и т. п.

Лит.: 1) Г. П. 17789; 2) Г. П. 1419750; 3) Г. П. 333987; 4) Г. П. 277278; 5) Г. П. 305712; 6) Г. П. 260968; 7) Г. П. 285978 и 291198; 8) Г. П. 38478; 9) Г. П. 262353.

E s a l i n g e r R., Die Fabrikation d. Wachstuches, 2 Aufl., W.—Lpz., 1906; W a l t h e r B., «Ch.-Ztg», 1921, p. 287; «Technische Rundschau», Berlin, 1909, p. 665; ibid., 1913, p. 62; «Pharmazeutische Zentralhalle», Dresden, 1910, p. 738; «Papier-Zeitung», Berlin, 1912, p. 1794.

П. Флоренский.

**КАЛЬКУЛЯЦИЯ**, одна из ветвей хозяйственного учета, дополняющая бухгалтерский и статистич. учет. В отличие от бухгалтерии, имеющей дело с общими результативными итогами по всему предприятию, К. изучает отдельные объекты хозяйственной деятельности. Наиболее часто К. применяется при определении издержек производства, управления и обращения в предприятии. Цель ее—установление себестоимости и исчисление продажной цены продукта. Более широкие задачи К. заключаются в установлении контроля над работой предприятия, выявлении слабых мест и указаний путей рационализаторских мероприятий. С другой стороны, К. является средством для установления правильной политики цен.

К. делится на предварительную, или сметную, и отчетную, или последующую К. (Vorkalkulation u. Nachkalkulation). Первая применяется при организации новых производств, при определении цены заказа, при построении бюджета предприятия и т. д. Вторая—при определении факт. результатов работы предприятия. Одним из видов сметной К. является так наз. «восстановительная» К., имеющая целью определение цены изготовленного изделия, обеспечивающей воспроизводство его в следующем производственном цикле при изменившихся условиях (иные цены сырья, заработной платы, другая нагрузка и пр.). К. себестоимости является основанием для К. цены изделия. Отсюда различие цеховой себестоимости, включающей в себе издержки по изготовлению изделия, заводской себестоимости, начисляющей на цеховую себестоимость общезаводские расходы, и наконец коммерч. себестоимости, включающей в себе расходы финансовые, по содержанию торгового аппарата, уплате налогов и пр.

К. учитывает издержки предприятия по отдельным элементам. Издержки классифицируются как общее правило по следующим признакам: 1) по видам издержек, 2) по месту их затрат и 3) по носителям издержек. По видам (Kostenarten) издержки производства группируются по расходам, связанным: 1) с затратами в производстве веществных благ, 2) с затратами труда, 3) с затратами на основную капитал. Отдельно д. б. упомянуты расходы публично-правового характера. Обычно в этом разрезе К. развешивается по следующим элементам: 1) сырье и основные материалы, 2) вспомогательные материалы, 3) упаковочные материалы, 4) топ-

ливо, 5) энергия, 6) зарплата рабочим, 7) содержание служащих, 8) социальные начисления на заработную плату, 9) накладные расходы на заработную плату, 10) амортизация, 11) страховые имущества, 12) налоги и сборы, 13) % за кредит, 14) денежные расходы. Калькуляционная теория, преследуя цель превратить К. в орудие сравнения хозяйственности работы отдельных предприятий, настаивает на включении в К. ряда издержек, уравнивающих условия работы разных предприятий. Сюда относятся: оплата за предпринимательский труд и % на собственный капитал. Такую условную себестоимость, включающую несуществующие в ряде случаев издержки, в немецкой литературе, в отличие от фактической, называют «объективной» себестоимостью. К., расчлененная по видам издержек, представляет большие удобства для анализа экономич. структуры предприятия и влияния на динамику издержек производства факторов общеэкономич. порядка (изменения сырьевых цен, политики заработной платы, изменения налогов и т. д.). Ее удобство заключается в том, что в каждом из элементов сконцентрированы все однородные издержки, производящиеся во всех пунктах предприятий (сырье, заработная плата, амортизация и т. д.). У нас часто ею пользуются для исследования чистой продукции, нормы прибавочной стоимости и продукта и т. д. По этим же данным определяют тип производства: материалоёмкий, трудоёмкий или капиталоемкий.

Для практик. руководства предприятием такого деления недостаточно, так как в этом случае затрудняется наблюдение за результатами работы отдельных частей и элементов предприятия. Чтобы обеспечить возможность такого наблюдения, исчисление себестоимости ведут по указанным выше элементам, местам расходов (Kostenstelle), по каждому из цехов и отделов предприятия, причем не только по производственным, но и по вспомогательным. Наиболее крупные места производства расходов следующие: 1) работа по снабжению и заготовкам сырья и материалов, 2) производство, 3) сбыт. Довольно часто особо выделяют издержки по управлению предприятием. Внутри каждого из этих разделов учет расчленяется по ячейкам, на к-рые делится предприятие: цехи, отделы, бюро, фазы и т. д. В частности учет ведется отдельно по основным производствам (т. е. цехам, непосредственно занимающимся изготовлением изделий для выпуска в виде товаров), по вспомогательным (т. е. цехам, органически связанным с основным производством путем обслуживания его в процессе работы, например производство пара, энергии, водоснабжение, ремонтные мастерские, внутризаводский транспорт и пр.) и наконец по побочным производствам (т. е. предприятиям, существующим самостоятельно для обслуживания основного производства готовой продукцией, напр. производство тары, огнеупорных изделий, лесозаготовки и пр.). Организация калькуляционного учета тем совершеннее, чем точнее фиксируются издержки производства в каждом из указанных отделов предприятия. Наконец третий вид учета издержек—по их н о с и т е л я м

(Kostenträger). Он сводится к распределению учетных издержек по различным объектам, единицам изготавливаемой продукции. Это наиболее сложная и условная часть калькуляционной работы.

Методы разнесения расходов. Каждый из видов издержек производства делится на две основные категории: расходов прямых и расходов косвенных. Под прямыми понимаются те из расходов, которые непосредственно входят в себестоимость определенных единиц изделия (сырье, полуфабрикаты, сдельная заработная плата, амортизация производственного оборудования и пр.). Под косвенными — сумма одновременных затрат при производстве комплекса изделий и их частей. Непосредственно определить долю издержек этой категории, падающую на единицу продукта, не представляется возможным, поэтому приходится прибегать к методу условного распределения этих издержек по заранее установленным принципам. Эти косвенные расходы м. б. произведены в масштабе данного цеха, напр. содержание цеховой администрации, освещение и отопление цеха, ремонт цеха и т. д., и в этом случае распределяются на продукцию только этого цеха; другие — в масштабе всего за-да, например общезаводская контора, общезаводский транспорт, лаборатории и пр.; третьи — в масштабе группы объединяемых предприятий (трестовские расходы); в обоих последних случаях расходы распределяются на продукцию или всего за-да или треста в целом. Основные признаки при разнесении косвенных расходов — самые разнообразные, в зависимости от характера расхода. Для цеховых расходов наиболее часто применяют распределение издержек или пропорционально весу или стоимости потребных материалов, или стоимости рабочей силы (производственной), или сумме обеих этих величин; для общезаводских расходов критерием для распределения наиболее часто служит цеховая себестоимость продукции, для трестовских расходов — общезаводская себестоимость ее. От детальной дифференциации признаков зависит степень точности К.

Наиболее правильные результаты дает принцип «локализации расходов». По формулировке Гадера это означает: «Накладные расходы должны для каждого места расхода (центра производства) вычисляться отдельно и на отдельные продукты должны начисляться в соотношении с временем обработки и (машинное время) на станке». При определении стоимости машиночаса работы машины или станка рекомендуют например следующие методы разнесения цеховых расходов: 1) расходы по прямому назначению, точно учтенные: производственная зарплата по обслуживанию машины, технологич. топливо, текущий ремонт машины, брак и простой; 2) расходы, поддающиеся точному учету при посредстве соответствующих измерительных приборов: пар, силовая энергия; 3) расходы, изменяющиеся пропорционально стоимости машин с относящимся к ним дополнительным оборудованием: амортизация, страхование; 4) пропорционально площади, занимаемой машинами, понимая под этим и площадь, необходимую для работы на них

и их обслуживания: освещение, отопление (при одинаковой высоте помещения), содержание в чистоте помещения, охрана и остальные обслуживающие помещения; 5) в соответствии со сферой действия, количеством времени обслуживания машины и весом выработанных ими изделий: работа подъемных кранов и транспортеров; 6) пропорционально весу изделий: общие транспортные расходы цеха; 7) пропорционально производственной зарплате: общий административный и технич. персонал (надзор) и вспомогательные рабочие, начисления на зарплату всех работающих в цехе, накладные расходы на рабочую силу цеха; 8) пропорционально затраченной силовой энергии на приведение машин в действие: содержание машин. Т. о. при определении себестоимости по методу «локализации расходов» таковая будет слагаться из основных материалов и стоимостей затраченных часов работы машин, выработанных данное изделие. Этот способ несомненно более точный, чем грубое разнесение цеховых расходов по какому-либо одному распределительному признаку (напр. производственная зарплата), в то же время очень сложен и дорог. Практически получаемое уточнение часто не окупает роста расходов по усложненному учету, и поэтому удовлетворяются б. или м. простыми признаками: напр. составители инструкции калькулирования в металлообработке в советской промышленности сочли необходимым пожертвовать точностью исчислений соображениям экономии в учете, и цеховые расходы по этой инструкции распределяются пропорционально затратам на производственную зарплату.

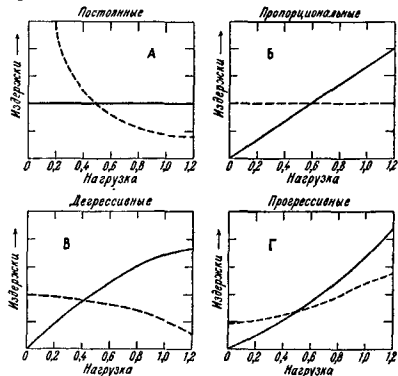
Сложным вопросом К. является определение себестоимости каждого из продуктов в тех случаях, когда в ходе одного и того же производственного процесса получается одновременно несколько продуктов (напр. растительное масло и жмыхи; соляная к-та и сульфат). В этих случаях для определения себестоимости каждого из изделий чаще всего приходится условно пользоваться ценностными соотношениями, существующими на эти продукты на рынке, или установлением цены на менее важный продукт (по условиям возможного использования его непосредственно путем продажи или потребления внутри собственного хозяйства или через посредство цены эквивалентных продуктов, аналогичных данному продукту по потребительской ценности). Установив цену одного из продуктов, дальше путем несложных подсчетов можно определить себестоимость и другого продукта.

Для иллюстрации приведем пример К. в металлообработке в том виде, в каком она установлена «Методами калькулирования» ВСНХ. Учет ведется по специальным формам для продукции: а) металлургических, б) литейных, в) кузнечных цехов и г) для металлообработки, сборки, испытания и окраски изделий машиностроения. Полная коммерч. себестоимость изделий слагается из расходов: основных, цеховых, общезаводских, специальных расходов треста (административных, % за кредит и торговых). Основные расходы слагаются из производственной

зарплата и стоимости сырья, материалов и топлива. В состав цеховых расходов входят: энергия, содержание аппарата цехового управления, содержание имущества (в том числе зданий и сооружений), содержание машин, станков и оборудования (смазочные и обтирочные материалы, содержание и возобновление опок, наложниц, прокатных валов, приспособлений, моделей и формовочных досок, мелкого инвентаря), текущий ремонт имущества, охрана труда, убыток от брака, передвижение грузов, социальные расходы, амортизация. Как уже указывалось, все эти расходы распределяются пропорционально производственной зарплате. Общезаводские расходы по характеру распределения делятся на две группы: первая распределяется между всеми цехами непосредственно (металлургическое бюро, паровозное бюро, дизельное бюро и т. п.); вторая — пропорционально производственной зарплате. По чугунолитейному производству К. составляется отдельно на различные виды литья в зависимости от его технологии. особенностей (нормальная шихта, специальная шихта и пр.), а также в зависимости от веса одной штуки литья и от сложности формовки. К. сопровождается ведомостью технич. результатов, характеризующей состав работающего оборудования, его производительность, число рабочих, технич. коэф-ты выхода, брака, расхода топлива, рабочей силы и др.

А н а л и з К. — важнейшее орудие для познания экономичности работы предприятия. При анализе следует различать материальные и ценностные элементы К. Для оценки работающего предприятия прежде всего важно выяснить общий итог изменения себестоимости за отчетный период. При разнообразном ассортименте вырабатываемых изделий это достигается путем параллельной оценки выработанной продукции по себестоимости отчетного периода и по себестоимости предшествующего периода или плана. После этого д. б. установлены причины изменения себестоимости, лежащие в технич. условиях производства (количественная характеристика использования сырья, полуфабрикатов, топлива, рабочей силы, норм накладных расходов на единицу продукции, количество брака и т. д.) и в ценностных условиях (изменение цен на заготовленные средства производства, движение зарплат, ставок налогов и т. д.). Следующей стадией анализа К. является исследование технич. факторов работы предприятия — состояния оборудования, эффективности капитальных вложений, рационализаторских мероприятий, состояния нагрузки. Учетом и исследованием материальных факторов производства занимается техническая К., слагающаяся из К. материалов, К. раб. силы, К. времени и т. д. При анализе К. чрезвычайно большое значение имеет исследование различных элементов себестоимости в зависимости от нагрузки предприятия. Различные издержки м. б. в этом разрезе разделены на 4 группы: 1) постоянные, или фиксированные, издержки, остающиеся для предприятия в целом одинаковыми при всяком уровне нагрузки; в единице продукта они увеличиваются или уменьшаются пропорционально

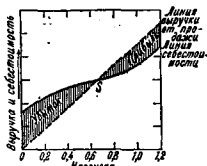
масштабу нагрузки (фиг. 1, А; сплошной чертой обозначены общие издержки по всему предприятию, пунктирной — издержки, к-рые приходятся на единицу продукции); 2) переменные, или пропорциональные, издержки, меняющиеся в прямой пропорции для предприятия в целом при изменении нагрузки и остающиеся в единице продукта неизменными (фиг. 1, Б); 3) депрессивные издержки, увеличивающиеся для предприятия в целом при росте нагрузки, но в замедленном темпе; в единице продукции при увеличении продукции они падают, но в замедленной пропорции (фиг. 1, В); 4) прогрессивные издержки, увеличивающиеся для предприятия в целом более сильным темпом, чем



Фиг. 1.

нагрузка (фиг. 1, Г). Этот вид издержек появляется обычно при перенапряжении производительных сил предприятия. Сочетание указанных видов издержек чрезвычайно своеобразно в каждой из отраслей промышленности, причем как правило постоянные издержки сильно возрастают по мере увеличения размеров предприятия, его механизации и вообще при росте технической части капитала. Исследование структуры издержек производства с точки зрения их изменения при различных масштабах производства приобретает исключительное большое значение при определении оптимальных размеров предприятия и хозяйственно допустимых колебаний в нагрузке предприятий при меняющейся конъюнктуре.

Схематически соотношение себестоимости и выручки от продажи при разных степенях нагрузки представлено на фиг. 2. До точки S (в немецкой литературе называемой «мертвой точкой»), где пересекаются линии себестоимости и выручки, соответствующей 70% нагрузки, предприятие работает в убыток. Затем рост нагрузки увеличивает рентабельность, пока не наступит новый перелом, так как «пере-



Фиг. 2.



грузка» активизирует «прогрессивные расходы». Задача конкретного анализа на данном предприятии — путем изучения структуры издержек определить эти критические точки экономичности работы предприятия.

Аналогичный метод исследования применяется при определении нижней границы цены при политике форсирования сбыва продукции за границей (политика «dumping»), причем «рентабельной» ценой является цена, покрывающая полную себестоимость, а обеспечивающая лишь покрытие пропорциональных издержек. При оценке работы предприятия, при проектировании мероприятий рационализаторского характера, при организации нового производства или нового предприятия исследование калькуляции помимо анализа отдельных частей должно нести и в плоскости вскрытия взаимосвязанности отдельных элементов. Технич. организация предприятия представляет собою сложный комплекс материально-технич. и экономич. факторов, оптимальное сочетание к-рых постоянно меняется. Соотношение в цене сырья, топлива, рабочей силы, % на капитал, стоимости тарифов и пр. предопределяет и определенную техническую физиономию предприятия, степень его механизации и т. д. Все это ставит науку о К. не столько в разряд бухгалтерских, сколько технико-экономических дисциплин.

Задачи К. определяют ее место в системе организации предприятия. Калькуляцион. отдел является связующим звеном между технич. и бухгалтерск. частями предприятия. На практике структура калькуляцион. отделов и взаимоотношения их с др. частями предприятия чрезвычайно неустойчивы. В одних предприятиях они целиком подчинены технич. части, в других входят в состав бухгалтерии, в третьих поделены между ними так, что технической К. (изучением норм расхода сырья, материалов, энергии, рабоч. времени и пр.) занимается технич. часть предприятия, ценностной—бухгалтерия. За границей отмечается определенная тенденция передачи К. из бухгалтерских ячеек в ведение технич. и производственных бюро (особенно в США).

Кроме анализа издержек производства по К. внутри предприятия огромное значение приобретает анализ их путем сравнения К. между аналогичными предприятиями. Иностранная литература по вопросам организации и экономики предприятий уделяет очень большое внимание методике таких сравнений (работы Шмаленбаха, Шульце-Мерина и др.). С этой целью ведется большая работа по унификации методов калькулирования в различных отраслях промышленности. Характерно, что несмотря на коммерч. тайну, оберегающую данные о себестоимости, за границей создается ряд объединений по обмену между собою К. В Германии унификационная работа в области методики калькулирования ведется «Комитетом хозяйственности» (Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung), издавшим «Grundplan der Selbstkostenrechnung», а также и другими организациями (в частности VDMA—Verein deutscher Maschinenbau-Anstalten). В Соед. Штатах Америки в 1919 г. была основана «National Association of Cost Accountant» (N. A. C. A.),

созывающая по вопросам методики калькулирования международные съезды и издающая специальный журнал и труды. У нас этой работой занято «Бюро цен при Президиуме ВСНХ СССР», периодически созывающее конференции по отраслям промышленности и выпустившее целую библиотечку (ок. 30 выпусков) «Методов калькулирования» по отдельным отраслям.

Лит.: Смит М. Н., Экономич. основы калькуляции, М., 1926; Иколысон Дж. и Рорбах Дж., Основы калькуляции, Москва, 1926; Тер-Акопьянц С. Г., Основы правильной калькуляции, Москва, 1925; Шердих А., Наглядные расходы в себестоимости производства, М.—Л., 1927; Филлер Р., Калькуляция и организация предприятия, Л., 1926; Методы калькулирования в промышленности, 30 вып. по отдельным отраслям, М., 1927—29; Молчанов С. А., Издержки производства промышленности СССР, Москва, 1926; Leitenberg F., Selbstkostenberechnung industrieller Betriebe, Frankfurt a/M., 1923; Schmalenbach E., Grundlagen der Selbstkostenberechnung, u. Preispolitik, Leipzig, 1927; Lehmann M. R., Die Unkosten Kalkulation, Berlin, 1925; Zahn W., Die Unkosten im Fabrikbetrieb, Stg., 1927; пят. издание в Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Stuttgart, 1926—28; Atkins P., Industrial Cost Accounting for Executives, New York, 1924; Castenholz W., Cost Accounting Procedure, Chicago, 1925. С. Молчанов.

**КАЛЬЦИЙ**, Са, химич. элемент II группы периодической системы, аналог Sr, Ba и Ra, составляющий вместе с ними подгруппу т. н. щелочноземельных металлов; ат. вес 40,07, ат. номер 20. В свободном состоянии К. — серебристо-белый металл, на воздухе быстро желтеющий (вследствие образования пленки азотистого соединения), довольно вязкий, способный коваться и вытягиваться; твердость его несколько выше, чем свинца. Кристаллизуется в ромбоэдрах или гексагональных табличках. Удельный вес 1,52—1,55 (различные образцы металла дают от 1,413 до 1,85);  $t_{пл.}$  800—810°;  $t_{кип.}$  около 1170°. Спектр К. характеризуется рядом ярких линий в оранжевой части спектра, несколькими линиями в фиолетовой и полосой в зеленой. В продажу К. выпускается в виде зерен или палочек; сохраняется лучше всего в легких минеральных маслах.

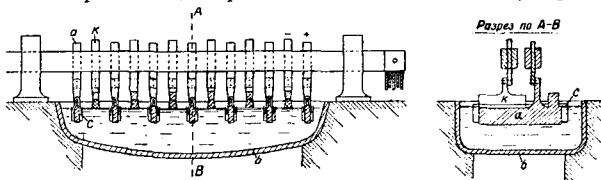
К. обладает ярко выраженными металл. свойствами и высокой реакционной способностью. В совершенно сухом воздухе он устойчив, во влажном—быстро окисляется на поверхности. При нагревании до 300° загорается и горит ярким пламенем, соединяясь не только с кислородом, но и с азотом атмосферы, причем образуется смесь окиси—СаО и нитрида—Са<sub>3</sub>N<sub>2</sub>. При нагревании в струе азота или водорода до  $t^\circ$  красного каления К. соединяется с ними, образуя азотистый К. (Са<sub>3</sub>N<sub>2</sub>) или водородистый К. (СаН<sub>2</sub>). В аналогичных условиях кальций легко соединяется с галогенидами, серой, фосфором, мышьяком, висмутом, углеродом (образуя карбид, СаС<sub>2</sub>) и кремнием; дает ряд сплавов с магнием, цинком, алюминием, оловом и никелем. При высоких  $t^\circ$  кальций восстанавливает окислы многих металлов, а также и металлоидов, например В<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, СО<sub>2</sub> (образуя СаС<sub>2</sub> и СаО), СО (лишь частично), NO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (со взрывом), SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub>. При  $t^\circ \geq 800^\circ$  К. реагирует с фтористыми и хлористыми солями Na и K, восстанавливая свободный щелочной металл. Сероводород, аммиак и углеводороды при нагревании с К. разлагаются, причем последний дает

соединения с элементами этих веществ. С аммиаком, при тем-пе не выше  $15^{\circ}$ , К. дает неустойчивое твердое соединение  $\text{Ca}(\text{NH}_3)_4$  (кальцийаммоний), легко распадающееся с образованием кристаллического кальций-аммида,  $\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$ . К. энергично разлагает при обыкновенной  $t^{\circ}$  воду (но медленнее, чем калий или натрий), выделяя водород; бурно реагирует с разбавленными к-тами, с ангидридами и хлорангидридами кислот; конц. соляная к-та на него почти не действует; дымящая серная кислота разлагается с выделением  $\text{SO}_2$  и S; обычная конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выделяет также и  $\text{H}_2\text{S}$ . Валентность К. во всех устойчивых его соединениях равна 2.

По распространенности в природе К. занимает среди элементов пятое место; среднее содержание его в доступных исследованию слоях земного шара равно 3,25% по весу; в твердых частях земной коры К. составляет по весу ок. 3,5% (шестое место), в воде океанов—0,05%. Многие горные породы, образующие мощные залежения, состоят целиком или в значительной части из кальциевых солей: углекислого кальция (известняки, мел, мрамор, доломиты), сернокислого (гипс), фосфорнокислого (фосфориты, апатиты) и фтористого К. (плавиковый шпат). Кремнекислый К. является составной частью огромного большинства природных силикатов. Нерастворимые соли К. образуют основу костей животных и раковин моллюсков, а растворимые содержатся в воде природных бассейнов и в соках растений.

Получение металла К. в чистом виде представляет большие трудности. Впервые К. был выделен Деви в 1808 году, но добывание его в технич. размерах началось лишь с 1904—05 гг. Металлич. К. может быть получен двумя путями: чисто химическим и электрохимическим. Первый метод (восстановление солей К. напр.  $\text{CaJ}_2$  или смеси  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{KCl}$ , металлич. натрий или магнием при высокой  $t^{\circ}$ ) не нашел применения в технике вследствие его дороговизны, плохих выходов (обратимые реакции) и нечистоты получаемого продукта. Электрохимические методы основаны на электролизе расплавленной соли; электролитом служат  $\text{CaCl}_2$  ( $t^{\circ}_{\text{пл.}}$   $780^{\circ}$ ), или смесь из 100 в. ч.  $\text{CaCl}_2$  и 16,5 в. ч.  $\text{CaF}_2$  ( $t^{\circ}_{\text{пл.}}$   $660^{\circ}$ ), или же смесь 85%  $\text{CaCl}_2$  и 15%  $\text{KCl}$ . Конструкция печи (ванны), предложенная в 1902 г. Борхерсом для промышленных целей, представляла собою цилиндрический сосуд, сложенный из угловых брусков или плиток и служивший анодом; дно его покрывалось набойкой из  $\text{CaF}_2$ , остальное пространство заполнялось электролизуемой солью. Соль расплавлялась током при помощи тонкого угольного стержня—сопротивления, зажатого предварительно между анодом и катодом; в качестве последнего брали железный прут, расположенный вертикально по оси печи и своей нижней частью погруженный в электролит. К., отлагающийся на катоде в виде губчатой массы, вычерпы-

вался ложкой и погружался в керосин. Горячим прессованием сырого продукта отжимали большую часть шлаков и получали металл примерно 90%-ной чистоты. Дальнейшая очистка (переплавление в закрытых железных или никелевых тиглях) давала 99—99,3%-ный К. Другой способ электролиза, принадлежащий Ратенау (1904 г.) и технич. наиболее совершенный, характеризуется применением т. н. прикасающегося электрода: катод (железный или медный) поддерживается в электролите на низкой  $t^{\circ}$  и не погружается в электролит, но лишь соприкасается с его поверхностью. Выделяющийся металл застывает на нижнем конце катода; последний в процессе электролиза постепенно приподнимают так, что К. нарастает на нем в виде столбика неправильной формы, поверхность которого защищается от окисления коркой шлака; этот столбик в дальнейшем сам служит электродом. Современный тип заводской ванны (см. фиг.):



железный резервуар  $b$  в форме корыта, вдоль которого, наподобие зубьев гребенки, расположены электроды—непогруженные железные катоды  $k$  чередуются с погруженными анодами  $a$ , угловыми или графитовыми, обернутыми металлической сеткой  $c$ . Процесс ведется при температуре  $660—800^{\circ}$ , напряжении ванны 18—42 В и плотности тока 50—250 А/см $^2$ ; продукт содержит до 98% чистого К.

Примерный состав продажного электролитического кальция (в% по весу): 98,01 Ca, 0,94 Cl, 0,837 O, 0,14 Mg, 0,032 Si, 0,028 Al, 0,013 Fe. Выходы по току немногие в пределах 30—82%; соответственно это для получения 1 кг К. требуется 42—110 кВт. Весьма значительная часть энергии тока расходуется на нагревание электролита. По методу Ратенау до настоящего времени ведется технич. получение К. на электрохимич. заводе в Биттерфельде (Германия); продукция его однако незначительна.

Применение К. в промышленности пока еще очень ограничено. Он употребляется вместо щелочных металлов для обезжелезивания некоторых органических соединений; по сравнению с калием и натрием, для него является большим преимуществом менее бурное реагирование с водой и меньшая щелочность его гидроксидов. Большие надежды возлагались на К. как на удобный аккумулятор водорода: водородистый К.,  $\text{CaH}_2$  (см. *Кальция соединения*), одно время готовился в Германии в технич. масштабах для нужд воздухоплавания; тем не менее это производство не развилось ввиду дороговизны К. Делались также попытки использовать К. в металлургии как восстановитель и как средство для удаления (связывания) серы и фосфора. Иногда К. при-

бавляют в небольших количествах (1—3%) к свинцу для придания последнему большей твердости. Наконец в самое последнее время К. (в сплавах с другими легкими металлами) нашел применение в качестве газообразователя при изготовлении азоботона (см.). Специфич. областей применения для К. не найдено.

Лит.: Общая — см. *Кальция соединения*. Металлургия кальция — Игарский Н. А., *Электротехника и ее техническое применение*, Ленинград, 1929; Rathenau, «*Zeitschrift f. Elektrochemie*», Halle a/S., 1904, В. 10, р. 502; Billitter, *Die elektrochemischen Verfahren d. chemischen Gross-Industrie*, В. 3, Leipzig, 1913; Regeisberger, *Chemische Technologie d. Leichtmetalle u. ihrer Legierungen*, Leipzig, 1926; Г. П. 96672, 144777, 153731, 155433.

В. Яковлевич В.

**КАЛЬЦИТ**, известковый шпат, минерал, одна из полиморфных разновидностей углекислого кальция; принадлежит к ромбоэдрич. классу гексагональной системы; кристаллы К. имеют форму столбчато-призматич. и вытянутых ромбоэдров; спайность по плоскостям ромбоэдра в высшей степени совершенная; прозрачен или только просвечивается или непрозрачен; бесцветен или окрашен примесями в зеленый, голубой, красный желтый, бурый и черный цвета; блеск стеклянный, а на спайных плоскостях иногда перламутровый; хрупок; тв. 3; уд. в. 2,72; хим. состав —  $\text{CaCO}_3$  (56% CaO и 44%  $\text{CO}_2$ ). Перед паяльной трубкой не плавится, плавится только при высок. давлениях (110 atm) и  $t^\circ$  (1289°); при 825° начинает разлагаться на CaO и  $\text{CO}_2$ ; растворяется в HCl даже на холоду. К. может находиться в двух формах —  $\alpha$  и  $\beta$ ; переход из одной формы в другую совершается при  $970 \pm 5^\circ$  (форма  $\alpha$  внешне,  $\beta$  ниже этой  $t^\circ$ ); различаются эти формы термически; оптических и кристаллографич. различий в формах пока не установлено.

К. после кварца самый распространенный минерал, важная составная (иногда связующая) часть осадочных пород водного происхождения; в изверженных породах считают его продуктом вторичным, хотя в последнее время допускают магматическое его образование. Сложение К. различно; в известняках — плотное, в мраморах — кристаллическое, в мелу, натечных туфах, пещерных сталактитах — рыхлое, землистое. К. — важнейший петрофилирующий (вызывающий окаменение) минерал. Применение слагаемых им горных пород разнообразно: изготовление портланд-цемента, строительных и декоративных камней, флюсов в металлургии, искусственных удобрений. Совершенно прозрачная и бесцветн. разновидность К. — исландский и й, или уд в о я щ и й, шпат, — обладающая сильным двойным лучепреломлением, применяется при изготовлении оптической системы многих приборов, применяется для поляризации света (призмы Николья). Главное месторождение этого шпата — о-в Исландия (близ Гельгустадра). Значительно уступающий по качеству материал добывается из америк. месторождений (Калифорния, Warner Range близ Cedarville, Modoc County). Данные поисковых работ 1926/27 г. подтверждают возможность нахождения и в СССР технически пригодного исландского шпата в промышленных количествах. В Сибири месторождение исландского шпата на-

ходится у с. Тамбар, Ачинского округа, на С. Алтае в горе Чебаника, в Якутской автономной республике в Аламджакском месторождении. См. *Стр. ТЭ*, т. I.

Лит.: Головой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27 г. Д., 1928; Иб., т. I, Д., 1928; Дубоделов Г., *Учебник минералогии*, СПб., 1907; Штук и И., М у ш е т о л Д., *Технич. геология*, М.—Л., 1925; Fay A., *A Glossary of the Mining and Mineral Industry*, Washington, 1920; L a d o o R., *Non-metallic Minerals*, N. Y., 1925.

**КАЛЬЦИЯ СОЕДИНЕНИЯ**. В своих соединениях Са фигурирует как двувалентный элемент и образует только один вид ионов, а именно бесцветный катион Са<sup>+</sup>. Окись, СаО, — чрезвычайно прочное соединение, непосредственно дающее с водой гидрат окиси, Са(ОН)<sub>2</sub>. Последний представляет собою вещество со свойствами основания, сильно ионизированное, но отличающееся от едких щелочей малой растворимостью в воде. Хлористая и азотнокислая соли легко растворимы в воде; фтористая, углекислая и серноокислая — мало или вовсе нерастворимы. Ион Са<sup>+</sup> не осаждается сероводородом. От своих аналогов, Sr и Ba, кальций отличается меньшей растворимостью гидрата окиси, большей растворимостью сульфата и хромата, растворимостью хлорида и нитрата в спирте и оранжевым окрашиванием пламени солями Са. Способность к образованию комплексных ионов у Са слабо выражена, но все же заметна; на это указывает напр. значительное содержание кристаллизационной воды в его солях, образование двойных солей, гидратов и аммиакатов, а также часто наблюдаемое повышение растворимости солей Са в присутствии других веществ.

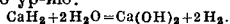
Аналитич. определение Са в солях производят чаще всего весовым путем, осаждают Са-ион в виде углекислой или шавелевокислой соли; осадок после прокаливания дает СаО, которую и взвешивают. Иногда применяется осаждение Са в виде сульфата (в водно-спиртовой среде). В промысловых осадках углекислой или шавелевокислой соли можно определять Са и объемным путем, растворяя их в соляной кислоте, после чего в первом случае избыток HCl оттитровывают щелочью, а во втором — свободная шавелевая к-та титруется при помощи  $\text{KMnO}_4$  (в присутствии солей Mn). Предложенное Риглером газоаналитич. определение Са состоит в том, что анализируемую соль переводят в мало растворимый иодат,  $\text{Ca}(\text{JO}_3)_2$ , который обрабатывают серноокислым гидразином и, исходя из ур-ния реакции  $\text{Ca}(\text{JO}_3)_2 + 3\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{NH}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{N}_2$ , вычисляют содержание Са по объему выделившегося азота.

Азотнокислый кальций,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , кристаллизуется с четырьмя, тремя и одной молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ ; хорошо растворим в воде и спирте. Безводный  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  имеет уд. в. 2,36 и  $t^\circ_{\text{пл.}}$  около 560°; трехводная соль плавится при 51,1°; четырехводная соль плавится при 42,3° и имеет уд. вес 1,82. Растворимость в 100 г воды (для безводной соли) при 0°—83 г, при 18°—121,2 г. Насыщенный при 18° (54,8%-ный) раствор имеет уд. вес 1,548; раствор, насыщенный при кипении, содержит 351,2 г соли на 100 г воды и имеет  $t^\circ_{\text{кип.}}$  152° (max); 30%-ный раствор име-

ет  $t^\circ$  замерзания  $-12,9^\circ$ . При накаливании  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  разлагается на  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{CaO}$ . Промышленное получение  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  в большом размере осуществляется на а-дах, фиксирующих атмосферный азот по способу Биркеланда и Эйде (см. *Азотная кислота и Азотные удобрения*); выпускаемый ими продукт — «норвежская», или кальциевая, селитра — представляет собою технич. азотнокислый  $\text{Ca}$  с большей или меньшей примесью основной соли  $3\text{CaO} \cdot \text{N}_2\text{O}_5$  ( $1-6$ )  $\text{H}_2\text{O}$ ; используется как удобрительн. средство. Чистый  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  получают растворением  $\text{CaCO}_3$  в азотн. кислоте и кристаллизацией; применяется в лабораториях для сушения двуокиси азота.

Гидрат окиси кальция, гидроксид кальция,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , белый порошок с уд. весом  $2,08-2,34$ ; растворимость при  $0^\circ-1,7$ , при  $80^\circ-0,9$  г в 1 л воды; раствор (и известковая вода) имеет щелочные свойства [см. *Известь* (гашеная)].

Гидрид кальция, водородистый кальций,  $\text{CaH}_2$ , землисто-серая кристаллич. масса с уд. весом  $1,7$ , разлагающаяся во влажном воздухе, нерастворимая без разложения ни в одном растворителе. Получается технич. пропусканьем водорода в расплавленный металлический  $\text{Ca}$ ; реакция идет с выделением тепла и заканчивается в несколько минут. Технич. продукт содержит около  $84\%$  чистого  $\text{CaH}_2$ ; используется в небольших размерах для получения водорода, так как легко и быстро реагирует с водой по у-рию:



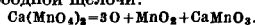
Гидросульфит кальция,  $\text{CaS}_2\text{O}_4 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ , мелкие растворимые в воде игольчатые кристаллы, при  $120^\circ$  частично теряющие воду. Получается а) осаждением из крепких растворов гидросульфита натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) и  $\text{CaCl}_2$  при  $50-70^\circ$  либо б) восстановлением концентрированного раствора сульфита кальция,  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ , динковой пылью или электролитическим путем.  $\text{CaS}_2\text{O}_4$  химически неустойчив; энергичный восстановитель (см. *Гидросульфит*). Применяется (под маркой «Редо») на сахарных заводах, для обделки сиропов.

Гипохлорит кальция (полный) хлорноватистокальций,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ , полученный впервые в 1875 году, только в самые последние годы был детально изучен и стал вырабатываться как технич. продукт. Это вещество является сильным окислителем и белящим средством, действующим подобно *белильной извести* (см.), но с гораздо большим содержанием активного хлора (до  $95\%$ ). В США  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  начали выпускать в продажу в форме пресованных таблеток, которые при растворении в воде дают готовый белильный раствор. Согласно Ам. П. 1481039 (1924 г.), гипохлорит  $\text{Ca}$  состава  $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  получают, пропуская хлор при  $0-5^\circ$  в водную суспензию  $\text{CaCO}_3$  (30 кг на 1 т воды) до насыщения; образовавшийся раствор хлорноватистой кислоты экстрагируют эфиром, хлороформом или  $\text{CCl}_4$  при низкой температуре и обрабатывают вытяжку известковым молоком; осторожно выпаривая раствор, получают гипохлорит  $\text{Ca}$  в твердом виде. По японским данным, соединение гипохлорита

$\text{Ca}$  с известью дает устойчивый кристаллич. продукт — основной гипохлорит  $\text{Ca}$  состава  $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$ , содержащий  $40-48\%$  активного  $\text{Cl}$  и также могущий служить белящим средством.

Кремнекислый кальций, силикат кальция (мета-)  $\text{CaSiO}_3$ , в чистом виде м. б. получен сплавлением порошка кварца с известью или  $\text{CaCO}_3$ ; твердое нерастворимое вещество с  $t^\circ_{\text{пл.}} > 1400^\circ$ ; в природе находится в виде редко встречающихся минералов: волластонита —  $\text{CaSiO}_3$ , пломбирита —  $\text{CaSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и других. В то же время  $\text{CaSiO}_3$  чрезвычайно распространен в земной коре как составная часть сложных силикатов, содержащих наряду с  $\text{Ca}$  другие металлы ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Al}$ ), а наряду с кремнием — иногда также  $\text{F}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{P}$  или  $\text{B}$  (см. *Силкаты*). Эти природные материалы частью имеют самостоятельное техническое применение (слоды, цеолиты) частью служат для изготовления пластических масс (алюмосиликаты). Искусственно получаемые  $\text{Ca}$ -содержащие силикаты (стекло, цементы) обладают специфическими ценными свойствами, которые и определяют их значение в технике (см. *Силкаты промышленности* и отдельные ее отрасли).

Марганцовокислый кальций, перманганат кальция,  $\text{Ca}(\text{MnO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , кристаллич. соль красного цвета, очень легко растворимая в воде; насыщенный на холоду раствор имеет удельный вес  $1,8$ . Получается электролизом марганцовистощелочных солей на аноде (с диафрагмой) в присутствии хлористого  $\text{Ca}$ . Применяется для обеззараживания питьевой воды и для некоторых реакций окисления; удобен тем, что при окислительном действии он переходит исключительно в нерастворимые вещества и не образует свободной щелочи:



Мышьяковокислый кальций,  $\text{Ca}_2(\text{AsO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , белый мелкокристаллич. порошок, очень мало растворимый в воде. Получается из мышьяковой кислоты или ее щелочных солей действием гашеной известки или крепкого раствора  $\text{CaCl}_2$ ; аналогично м. б. получена и кислая соль  $\text{CaHAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Технич. способ приготовления мышьяковокислого кальция состоит в осаждении его из раствора мышьяковокислого натрия известковым молоком ( $3-4$  молекулы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  на 2 молекулы  $\text{Na}_2\text{AsO}_4$ ); при 4 мол.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  получается основная соль  $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot \text{CaO}$ , наименее растворимая. Перечисленные соли готовятся в промышленных размерах и применяются как инсектициды для опрыскивания растительных культур. Продажный продукт содержит от  $37$  до  $58\%$   $\text{As}_2\text{O}_3$ , причем количество  $\text{As}_2\text{O}_3$  в растворимой форме не должно превышать  $0,75\%$ . В Германии несколько фирм выпускают мышьяковокислый  $\text{Ca}$  под названием «эструмита». США в 1924—26 гг. вырабатывали мышьяковокислый  $\text{Ca}$  на 18 заводах с общей продукцией в  $43\ 625\ 000$  англ. фн. и выпустили его в продажу по цене  $5-7$  центов за англ. фн.

Окись кальция,  $\text{CaO}$ , в чистом виде — белая аморфная или кристаллич. масса с уд. в.  $3,1-3,4$ ;  $t^\circ_{\text{пл.}}$  ок.  $2570^\circ$ ,  $t^\circ_{\text{кип.}}$  около  $2850^\circ$ . Реагирует с водой с образованием

гидрата окиси,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , и с кислотами—с образованием соответствующих солей. О получении и применении см. *Известь* (негашеная, жженая).

Перекись кальция,  $\text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , — мелкие чешуйчатые кристаллы, очень мало растворимые в воде и спирте; при  $130^\circ$  терит воду и дает безводную  $\text{CaO}_2$ . Получается а) приливанием известковой воды к холодному раствору перекиси водорода (Монд) или б) прессованием смеси перекиси натрия,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  и сухой гашеной извести под высоким давлением, после чего масса выщелачивается водой при  $0^\circ$  для удаления  $\text{NaOH}$  и непрореагировавшей части (Joubert). Находит применение в некоторых косметических и гигиенических препаратах.

Свинцовокислый кальций, плюмбат кальция,  $\text{Ca}_2\text{PbO}_4$ , оранжевая или бурый кристаллич. масса, нерастворимая в холодной воде, разлагаемая горячей водой и кислотами. Получается прокаливанием смеси окиси свинца с  $\text{CaCO}_3$  или известью при доступе воздуха. При нагревании в струе  $\text{CO}_2$  плюмбат разлагается, образуя  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{PbO}$  и кислород; твердый остаток, будучи прокален на воздухе, снова дает плюмбат; эти реакции предлагались в свое время для технического получения кислорода.  $\text{Ca}_2\text{PbO}_4$  применяется в спичечном производстве как составная часть массы для спичечных головок.

Сернокислый кальций,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , — см. *Гипс*;  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  — см. *Алебастр*; безводный  $\text{CaSO}_4$  — см. *Ангидрит*.

Сульфит кальция, сернистокислый кальций,  $\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , очень мало растворим в воде (1,2—2 г в 1 л при  $t^\circ 15$ — $100^\circ$ ); в растворах, содержащих  $\text{SO}_2$ , растворимость повышается вследствие образования кислой соли. При  $150^\circ$  сульфит Са теряет всю кристаллизационную воду, при более высокой темп-ре разлагается на  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{CaS}$ ; на воздухе легко окисляется, превращаясь в  $\text{CaSO}_4$ . Получается пропусканьем сернистого газа через  $\text{CaCO}_3$  или гашеную известь в свинцовых камерах. Технич. значение имеет главн. обр. к с л ы й сернистокислый Са, или б и с у л ь ф и т к а л ь ц и я,  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ , известный только в растворах; он готовится пропусканьем  $\text{SO}_2$  (спиртных газов) через орошаемые водой башни, наполненные кусками известняка, или через батарею резервуаров с известковым молоком. Получаются растворы бисульфита Са крепостью 4—7° Вё; при плотности 7° Вё в 1 л раствора содержится 30 г  $\text{SO}_2$ , непрочного связанного. Растворы бисульфита Са вырабатываются и потребляются целлюлозными заводами в процессе получения сульфитной целлюлозы (см. *Целлюлоза*); иногда они перерабатываются на гидросульфит кальция.

Сульфид кальция, сернистый кальций,  $\text{CaS}$ , аморфный тугоплавкий белый порошок или желтоватая спекшаяся масса; уд. в. 2,8. Почти нерастворим в воде, но медленно выщелачивается ею, вследствие происходящего гидролиза с образованием  $\text{Ca}(\text{SH})_2$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Получается прокаливанием измелченного типа с углем или сернистого натрия с углекислым кальцием; вторая из этих реакций осуществляется в процессе получения соды, по Леблану, где

$\text{CaS}$  является побочным продуктом и составляет главную часть «содовых остатков» (иногда называемых «известковой серной печью»). На газовых заводах  $\text{CaS}$  образуется в очистной массе при очистке газа известью или ламинговой массой. При кипячении с водой и серой СаS дает оранжевые многосернистые соединения (п о л и с у л ь ф и д ы)  $\text{CaS}_2$  и  $\text{CaS}_3$ , растворимые в воде. Влажный СаS при лежании на воздухе окисляется, переходя постепенно в гипосульфит кальция,  $\text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . В присутствии незначительного количества некоторых примесей прокаленный СаS способен фосфоресцировать (после предварительного осветления), вследствие чего он служит для изготовления фосфоресцирующих препаратов; яркость и оттенки свечения регулируются добавлением соединений некоторых металлов, например V, Bi, Mn. В кожаной промышленности и в косметике СаS используется как депиляторий, т. е. как средство для удаления волосного покрова с кожи. Нечистый СаS, содовые остатки и отбросы газовых заводов в некоторых случаях подвергаются переработке на серу, сернистый газ и гипосульфит натрия или используются как источник сероводорода (напр. при технич. получении метиленового снега).

Сульфидрат (гидросульфид) кальция,  $\text{Ca}(\text{SH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , бесцветная или желтоватая кристаллич. масса, легко растворимая в воде и спирте; в 100 г воды растворяется до 400 г; получается пропусканьем  $\text{H}_2\text{S}$  в известковое молоко; содержит в «содовых остатках» (см. выше); в нагревых растворах постепенно разлагается с выделением  $\text{H}_2\text{S}$ ; при выпаривании досуха или сплавлении отщепляет  $\text{H}_2\text{S}$  и переходит в сульфид, СаS. Применяется в текстильной промышленности для денитрации искусственного шелка. Основной сульфидрат кальция,  $\text{Ca}(\text{SH})(\text{OH})$ , применяется для очистки каменноугольного газа на газовых заводах (для удаления паров  $\text{CS}_2$ ).

Углекислый кальций,  $\text{CaCO}_3$ , наиболее распространенное в природе К. с. Главнейшие минералогические разновидности: известняки, мел, мрамор, известковый шпат (кальцит), арагонит. В чистом виде  $\text{CaCO}_3$  получается осаждением из растворов хлористого Са и соды или пропусканьем углекислого газа в известковое молоко; этот продукт выпускается в продажу под названием о с а ж д е н н о г о м е л а. Осажденный  $\text{CaCO}_3$  — аморфный или очень мелкокристаллич. белый порошок, уд. в. 2,715—2,934, почти нерастворимый в воде (при  $16^\circ$  1 л воды растворяет 13 мг  $\text{CaCO}_3$ ); в воде, содержащей свободную углекислоту, заметно растворяется с образованием кислой соли  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ : при парциальном давлении  $\text{CO}_2$  0,0005 atm, 1 л воды растворяет 74,6 мг  $\text{CaCO}_3$ , при 0,984 atm — уже 1,086 мг ( $t^\circ = 16^\circ$ ); при кипячении раствора кислая соль диссоциирует и вновь выпадает  $\text{CaCO}_3$  (см. *Накись* к о т е л ь н а я). При прокаливании  $\text{CaCO}_3$  разлагается на  $\text{CO}_2$  и СаО; в кислотах легко растворяется с выделением  $\text{CO}_2$ . Осажденный  $\text{CaCO}_3$  используется для изготовления зубных порошков и как дешевая белая краска; ввоз его в Россию до войны (1913 г.) дости-

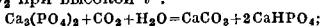
гал 300 т. Природный  $\text{CaCO}_3$  является сырьем для получения всех других К. с.; огромные количества его расходуются в цементном, стекольном и керамич. производствах, в металлургии (плавень для кислых руд) и в качестве строительного материала (см. *Известняк, Мел, Мрамор*).

Уксуснокислый кальций,  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ , кристаллизуется в мелких иглах: из горячих растворов—с одной молекулой, из холодных—с двумя молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $t^\circ_{\text{пл}}$  двухводной соли  $100^\circ$ . Хорошо растворим в воде, очень мало—в спирте. Растворимость безводной соли в воде (в г на 100 г  $\text{H}_2\text{O}$ ): при  $0^\circ$ —37,40;  $20^\circ$ —34,73;  $40^\circ$ —33,22;  $60^\circ$ —32,70;  $80^\circ$ —33,50;  $84^\circ$ —33,80 (тах);  $100^\circ$ —29,65. Уд. вес растворов (при  $17,5^\circ$ ): 5%-ного—1,033; 10%-ного—1,049; 15%-ного—1,067; 20%-ного—1,087; 25%-ного—1,113; 30%-ного—1,143. Уксуснокислый Са дает кристаллические двойные соединения с уксусной к-той и с азотнокислым Са. Получается обычно действием известки на разбавленную уксусную кислоту. При действии концентрированной уксусной к-ты на твердую известь образуется аморфная кислая соль состава  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ . При нагревании до  $300$ — $400^\circ$  безводный уксуснокислый Са разлагается на  $\text{CaCO}_3$  и ацетон; эта реакция служит одним из способов технического получения ацетона; нагревание с избытком гашеной известки дает метан  $\text{CH}_4$ . Нецислый (60—85%-ный) уксуснокислый Са, получаемый в технике нейтрализацией сырого древесного уксуса гашеной известью, с последующим выпариванием раствора, представляет так наз. древесный, или уксусный, порошок, к-рый, идущий в переработку на уксусную к-ту (см. *Уксусная кислота и Ацетон*).

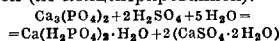
Фосфористый кальций,  $\text{Ca}_3\text{P}_2$ , красно-коричневая аморфная или мелкокристаллич. масса, уд. в. 2,51 с  $t^\circ_{\text{пл.}} > 1600^\circ$ ; с водой и разбавленными к-тами легко реагирует, выделяя  $\text{PH}_3$ . Получается по Муассану, накаливанием смеси 76 ч.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  и 24 ч. угля в электрич. печи; служит для получения чистого (невоспламеняющегося) фосфористого водорода.

Фосфорнокислые соли кальция, фосфаты кальция (соли ортофосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). 1) Трикальциевый фосфат,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , средняя соль, встречающаяся в природе в виде залежей фосфоритов, апатита  $3 \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$  и других минералов; содержится в костяной золе (83—85%), в золе растений и в гуано (около 25%); в чистом виде получается осаждением из растворов нейтральных кальциевых солей фосфорнокислым натрием ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) и представляет собою аморфный белый порошок, нерастворимый в воде, но растворяющийся в разбавленных кислотах; уд. вес 2,5, температура около  $1550^\circ$ . Природные фосфориты и костяная зола служат в качестве сырья для производства фосфора и суперфосфата; в молотом виде они используются и как самостоятельные удобрения. Основная соль,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaO}$ , является главной составной частью томашлага. 2) Двукальциевый фосфат,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ , кристаллизуется в гексаго-

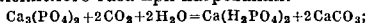
нальной или моноклинной форме (из горячих растворов—без кристаллизационной воды); уд. вес 3,18; растворимость при  $25^\circ$ —0,2 г, при  $100^\circ$ —0,8 г в 1 л воды; хорошо растворим в растворе лимоннокислого аммония. Технически получается а) из трикальциевого фосфата—действием водяного пара и  $\text{CO}_2$  при высокой  $t^\circ$ :



б) обработкой смеси нерастворимых фосфатов и карбоната Са соляной кислотой, после чего к полученному раствору снова добавляется  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в количестве, потребном для образования  $\text{CaHPO}_4$ ; применяется как удобрение. 3) Одинокальциевый фосфат,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , составляет главную часть технич. суперфосфата; кристаллизуется в ромбической системе; уд. вес 2,3. Растворы имеют кислую реакцию; 1 ч. соли растворяется в 100 ч. воды целиком; при растворении в меньшем количестве воды (10—40 ч.) выпадает осадок  $\text{CaHPO}_4$ . Технически однокальциевый фосфат получается из  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  путем холодной обработки камерной серной кислотой (не концентрированной):



или действием избытка водяного пара и углекислого газа при нагревании:



в чистом виде может быть получен растворением  $\text{CaCO}_3$  в теоретическом количестве фосфорной кислоты.

Фтористый кальций,  $\text{CaF}_2$ ,—природный плавленый шпат (флюорит); кристаллизуется в кубах или октаэдрах, бесцветных или различно окрашенных, с фиолетовой флуоресценцией; при нагревании люминесцирует; практически нерастворим в воде (15—16 мг в 1 л);  $t^\circ_{\text{пл.}}$ —от  $1330$  до  $1378^\circ$ ; уд. в.—от 3,01 до 3,25, расплавленного—3,16. Концентрированной серной кислотой, а также действием водяного пара (при температуре  $> 600^\circ$ )  $\text{CaF}_2$  разлагается с выделением  $\text{HF}$ . Применяется для получения *плавленой кислоты* (см.) и других фтористых соединений; в металлургии—в качестве плавня.

Хлористый кальций,  $\text{CaCl}_2$ , кристаллизуется из воды с 6 молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ , к-рые постепенно тернет при прокаливании переходя в четырех-, двух-, одноводный и наконец (выше  $260^\circ$ ) в безводный  $\text{CaCl}_2$ , получаемый в виде пористой массы с кристаллической структурой. Плавеный  $\text{CaCl}_2$  имеет слабо щелочную реакцию вследствие частичного разложения при высокой  $t^\circ$  на  $\text{HCl}$  и основную соль. Шестиводный  $\text{CaCl}_2$  имеет уд. в. 1,65—1,69 и  $t^\circ_{\text{пл.}} 29,5^\circ$ ; безводный—уд. в. 2,20—2,26 и  $t^\circ_{\text{пл.}} 710$ — $806^\circ$  (для наиболее чистого  $775$ — $800^\circ$ ).  $\text{CaCl}_2$  растворим в воде, спирте и ацетоне; со спирта образует молекулярные химические соединения; поглощает аммиак, давая соединения  $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3$  и  $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$ ; реагирует с сероводородом, выделяя  $\text{HCl}$ . Безводный  $\text{CaCl}_2$  сильно гигроскопичен и энергично поглощает воду и водяные пары, образуя сначала кристаллогидраты, а затем расплавляясь в жидкость. Растворимость  $\text{CaCl}_2$  (безводного) в 100 ч. воды: при  $0^\circ$ —49,6;

10°—60; 20°—74; 30°—93; 40°—110; 60°—129; 80°—142; 100°—ок. 150. Уд. в. водных растворов (при 17,9°):

0%-ный . . . . .	0,99899	25%-ный . . . . .	1,22841
1% » . . . . .	1,00703	30% » . . . . .	1,2-271
5% » . . . . .	1,04089	35% » . . . . .	1,33824
10% » . . . . .	1,0867	40% » . . . . .	1,40483
15% » . . . . .	1,13067	45% » . . . . .	1,45124
20% » . . . . .	1,17910	50% » . . . . .	1,50676

Крепкие растворы  $\text{CaCl}_2$  имеют значительно повышенную  $t_{\text{зам.}}$  и пониженную  $t^\circ$  замерзания по сравнению с водой;  $t_{\text{зам.}}$  водных растворов м. б. вычислена по формуле:

$$\Delta t^\circ = 0,0519 p + 0,011163 p^2,$$

где  $\Delta t^\circ$  есть повышение  $t_{\text{зам.}}$  воды, а  $p$ —%ное содержание безводного  $\text{CaCl}_2$  в растворе. 20%-ный раствор кипит при 105,5°, 50%-ный—при 130,5°, 70%-ный—при 158,4°; температура замерзания растворов различных концентраций:

% $\text{CaCl}_2$ . . . . .	1	5	10	15	20
$t^\circ$ замерзания . . . . .	-0,46°	-2,44°	-5,89°	-10,96°	-18,57°
% $\text{CaCl}_2$ . . . . .	25	30	35	40	50
$t^\circ$ замерзания . . . . .	-29,9°	-40°	-46,25°	-49,98°	+29,34°

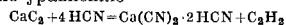
Соль  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  растворяется в воде (400 молекул  $\text{H}_2\text{O}$  с поглощением 4,3 Cal тепла. При смешении со снегом (70 г на 100 г соли) достигается охлаждение до -50°; смесь 250 г соли и 100 г воды (при 10°) дает понижение  $t^\circ$  до -12,5°.

Растворы  $\text{CaCl}_2$  являются побочными продуктами в ряде заводских химич. процессов—гл. образом в производстве соды по аммиачному способу. Из шлококов, содержащих  $\text{CaCl}_2$ , твердая соль получается выпариванием. Для удаления примесей солей Mg, Mn и Fe, а также кремневой кислоты, эти шлоки предварительно кипятят с известью, затем фильтруют и нейтрализуют соляной к-той. Для более полного удаления Fe часто добавляют некоторое количество хлорной извести. В продажу  $\text{CaCl}_2$  поступает в обезвоженном виде, зернистый и плавильный, в сортах, различающихся степенью очистки. Применение  $\text{CaCl}_2$ : 1) на-з-дах и в лабораториях—для сушения газов (кроме  $\text{NH}_3$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ) и некр-ых органич. жидкостей (исключая соединения со спиртовой ф-ией и амины); 2) в холодильных установках—в виде концентрированных растворов, не замерзающих при низких  $t^\circ$ ; 3) в выпаривательных устройствах (водяных банях), требующих нагрева выше 100°; 4) для получения осажденной  $\text{CaCO}_3$  и других соединений Ca; 5) в производстве винной к-ты; 6) при фабрикации гидросульфата Ca (см. выше); 7) для получения металлич. Ca. Ввоз  $\text{CaCl}_2$  в Россию до войны составлял ок. 600 т, при выработке внутри страны—ок. 20 т.

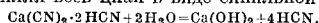
Хлорная известь,  $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ ,—см. *Белильная известь*.

Хромовокислый кальций,  $\text{CaCrO}_4 \cdot (2; 1; 0,5)\text{H}_2\text{O}$ , кристаллическая соль желтого цвета, плавящаяся в краснокальином жаре. Растворимость при 0°—4,5 г, при 100°—0,4 г в 100 г воды; в водной хромовой к-те растворяется с образованием бихромата,  $\text{CaCr}_2\text{O}_7$ . Хромовокислый кальций является промежуточным продуктом при переработке хромистого железняка на шлочные хромы (см. *Хрома соединения*).

Цианистый кальций,  $\text{Ca}(\text{CN})_2$ , мелкие кубич. кристаллы с запахом синильной кислоты, легко растворимые в воде; растворы, вследствие гидролиза соли, имеют щелочную реакцию. К-тами и влажным  $\text{CO}_2$  цианистый Ca легко разлагается с выделением HCN. Цианистый Ca может быть получен пропусканием паров синильной к-ты в известковую воду, либо из  $\text{Ca}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ —сплавением без доступа воздуха и выщелачиванием плава водой. Растворы  $\text{Ca}(\text{CN})_2$  очень неустойчивы; лишь при концентрации ниже 15% и без доступа воздуха они могут сохраняться без изменения. При испарении раствора в вакууме  $\text{Ca}(\text{CN})_2$  частично разлагается, причем выкристаллизовывается основная соль,  $\text{Ca}(\text{CN})_2 \cdot 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , также непрочная. Технич. значение приобрела калиевая соль, состава  $\text{Ca}(\text{CN})_2 \cdot 2\text{HCN}$ , получаемая с 1923 года в США в заводском масштабе и выпускаемая в продажу под названием «порохобразной синильной к-ты». Получение ее (по способу Метгера) основано на взаимодействии жидкой синильной к-ты с карбидом Ca в присутствии небольшого количества (2%) воды, действующей как катализатор. Реакция идет при обыкновенной  $t^\circ$  по уравнению



с выделением ацетилена и заканчивается в течение 1 часа. Получаемый препарат—очень мелкий, легкий порошок желтоватого или коричневатого оттенка, сильно гигроскопичный, легко растворимый в спирте, разлагающийся при нагревании выше 120°; содержит 52—58% активного циана. Водой (и атмосферной влагой) он быстро разлагается, отщепляя весь циан в виде синильной к-ты:



Вследствие этого  $\text{Ca}(\text{CN})_2 \cdot 2\text{HCN}$  нашел применение для целей дезинфекции и дезинсекции (окуривание помещений и растительных культур), заменяя свободную синильную кислоту, по сравнению с которой этот твердый продукт имеет преимущество в смысле большей безопасности и удобства перевозки, хранения и обращения.

Кальций цианамид—см. *Аммиак* и *Цианид кальция*.

Кальций карбид,  $\text{CaC}_2$ , см. *Карбид кальция*.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, 9 изд., т. 2, гл. 14 и дополн. в изд. М.-Л., 1928; Островский В., Основы неорганич. химии, пер. с нем., 2 изд., М., 1914; Смит А., Введение в неорганич. химию, пер. с англ., 3 изд., вып. 2, М.—Л., 1929 (краткие сведения общего характера); A b e g g's Handbuch d. anorg. Chemie, В. 2, Lpz., 1913—21; G m e i n - K r a t z's Handbuch d. anorg. Chemie, 7 Aufl., Heidelberg, 1907—28 (полные физико-химич. данные); Уилл. Энг., 2 изд., В. 3, В.—W., 1929 (общие сведения и технологию); «Ц годовый обзор минераль. ресурсов СССР за 1926/27 г.» (сырье), Л., 1928. В. Яновский.

**КАМВОЛЬНОЕ ПРЯДЕНИЕ**, получение шерстяной пряжи в виде гладкой ровной нити, преимущественно высоких тонких номеров. Основным процессом камвольной обработки шерсти является гребенное чесание, имеющее целью механич. сортировку волокон по длине, окончательную очистку их от сора и посторонних примесей и параллелизацию. Получение тонких номеров пряжи достигается значительным количеством сложений и вытяжек шерстяных лент; число

сложений в процессе обработки от гребенчесальной машины до прядильной для меринсовой шерсти составляет приблизительно 17—18 млн., а число вытекоек значительно превышает эти цифры. Эти процессы сложения и вытекоек чередуются в продолжение всей обработки, начиная с поступления шерсти на кардмашину и кончая выходом готовой пряжи. Камвольный способ в смысле утилизации ценных качеств и свойств шерстяного волокна является наиболее совершенным из существующих способов обработки шерсти. Крепость пряжи, по Майеру, при камвольном способе обработки дает разрывную длину 5,95 км, шерстяное же волокно имеет разрывную длину 8,3 км. Из этого вытекает, что волокно в камвольной пряжке использовано по крепости на 72%. Между тем пряжа аппаратного прядения дает разрывную длину 5,05 км, и следовательно использование волокна по крепости составляет 61%.

Для определения диаметра камвольной пряжи применяют две системы нумерации. По метрич. системе номер обозначает число мотков по 1 000 м каждый, заключающихся в 1 кг пряжи. По английской системе номер показывает число мотков по 560 ярдов в 1 англ. фун. пряжи. Метрический номер равен 1,13 английского.

**Способы камвольного прядения.** Существуют три основных способа камвольного прядения: французский, или саксонский, английский, или бредфордский, и полукамвольный (практикуемый в Германии). По французскому способу обрабатываются более тонкие и следовательно более короткие шерстяные волокна; при этом число переходов больше, чем в других системах; гребенчесальные машины применяют периодич. действия; в подготовительном отделении лента и ровница подвергаются сучению (ложному кручению); прядильные машины бывают периодич. действия (сельфакторы) и непрерывного (кольцевые ватера); перед кручением две нити предварительно соединяются вместе на тростильной машине. По английской системе обрабатываются более грубые и длинные шерсти; для самых длинных шерстей вместо кардного способа процесса применяется способ препарации на гиль-боксах; для гребенного чесания употребляются обычно машины непрерывного действия; редко—машины периодического действия; в банкаброшном отделе лента и ровница получают действительное кручение; прядильными машинами служат исключительно ватера—колячачные, кольцевые и роглячатые. Полукамвольный способ прядения весьма близок к французскому; в нем отсутствует гребенчесальная машина и вводится дополнительно смесовая кардная машина (мишкренпель); число переходов в банкаброшном отделе значительно сокращено по сравнению с французским способом; прядение совершается на кольцевых ватерах. По своему характеру нить подходит ближе к аппаратной, чем к камвольной. По франц. способу выпраядается пряжа №№ 24—90 (метрич.) иногда даже до № 100; по англ.—№№ 6—48; по полукамвольному—не выше № 32, обычно №№ 14—24.

**Сырье для камвольного прядения.** Камвольной обработке могут подвергаться шерсти от самых тонких меринсовых до самых грубых кроссбредных, диаметром волокна от 11,4 до 125 м. Длина волокна играет для этого вида прядения существенную роль. От волокон меринсовой шерсти требуется средняя длина штапеля для утков 50—80 мм, а для основ 80—120 мм и выше, от кроссбредной шерсти для утков и основ 100—350 (изредка до 450) мм. В камвольном прядении могут употребляться лишь крепкие волокна, не подвергающиеся разрыву и не переходящие в очес при обработке кардой и гребнями. Меринсовые шерсти употребляются: австралийские, новозеландские, германские, венгерские, южнорусские, итальянские и другие. Тонкие кроссбредные: австралийские, новозеландские, южноамериканские (Ла-Плата, Аргентина, Пунта-Аренас) и др. Полугрубые кроссбреды: английские, голландские и др. Грубые шерсти и полугрубые русские (персидские): хорасанские, тушинские, донские и др. Наконец для специальных целей употребляются: верблюжья шерсть, козий пух, могер, альпака, лама. Выход мытой шерсти из грязной для отечественных меринсов 25—40%, для зарубежных 40—60%. Для камвольной обработки предпочтительна шерсть с нормальной или низкой извитостью, т. е. высокая извитость мешает параллелизации волокон. Для франц. способа употребляются почти исключительно меринсовые и в редких случаях метисовые шерсти, имеющие тонину 11—25 м. Для английск. способа преимущественно употребляется кроссбредная шерсть, 25—62 и даже до 125 м; указанные тонины соответствуют 90—28 качеством по бредфордской системе. Для полукамвольного способа употребляются преимущественно кроссбредные, а также русские и грубые шерсти.

**Назначение пряжи.** Франц. камвольная пряжа идет для ткачества и трикотажа: основная—от № 52 и выше, обычно крученая, № 52 и ниже—в одну нитку; уток—в одну нитку, за исключением утка специального назначения, идущего в круглом виде; трикотажная пряжа—крученая. Англ. пряжа употребляется: основная пряжа—№ 36 и выше, крученая в 2 нитки, ниже этого №, а также уток—в 1 нитку; трикотажная пряжа—в 2, 3 нитки и более. Полукамвольная пряжа идет только для ткачества и заменяет в большинстве случаев аппаратный уток; основа бывает в одну нитку или крученая, а уток в 1 нитку.

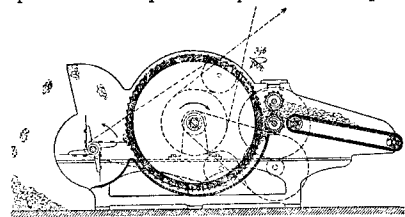
**Технологический ход обработки.** Грязная шерсть при всех способах прядения сортируется на основу и уток в различных сортах, затем отсортировывается грубая, оборы, сорная, меченая, желтая, порочная, клонкер и пр. Наименование сортов и классификация различны. Различные системы классификации шерсти по тонине приведены в табл. 1. Большинство угаров в сортировке являются безвозвратными для камвольного прядения (сор, песок, мертвый волос, грязь), но часть угаров (клонкер, провалившаяся сквозь сетку стола мелочь и пр.) идет после трепания и промывки в аппаратное прядение или в войлочно-валяльное производство.



Табл. 1. — Различные классификации шерсти по толщине.

Бредфордская	Французская	Германская	С.-Американская
90-е нач. . . . .	140	Эленга	Суперфайн
80-е » . . . . .	130		
70-е » . . . . .	120	AAA	»
60-е » . . . . .	115—120	AA	»
60-е » . . . . .	115	AA/A	»
60-е » . . . . .	110—115	»	»
60-е » . . . . .	110	»	»
60-е » . . . . .	105	»	»
60-е » супер.	100 prima мерينو	A/AA	Файн-де-лен
60-е » ордин.	»	»	1/2 Бред (1/2 Бред)
58-е » . . . . .	Прима краузе	A	1/2 Бред
58-е » . . . . .	Прима/1	»	»
50-е » . . . . .	I	B	1/2 »
50-е » . . . . .	II	»	1/4 »
50-е » . . . . .	III	CI	»
48-е » . . . . .	III/IV	DI	1/4 »
46-е » . . . . .	IV	DIV	»
46-е » . . . . .	IV/V	»	»
44-е » . . . . .	V	EI	»
44-е » . . . . .	V/VI	»	1/4 »
40-е » . . . . .	VI	EII	»
40-е » . . . . .	VI/VII	»	Бред
38-е » . . . . .	VII	Лейстер	»

Рассортированная грязная шерсть прогребывается на трепальных машинах (фиг. 1). Перед промывкой прогребанная шерсть, собранная по сортам от различных партий,



Фиг. 1.

поступает в поташный аппарат (замочку), имеющий целью извлечь из шерсти растворимый в воде пот и размягчить слипшиеся концы штапелей. Фиг. 2 представляет замочку сист. Малярд; чистая вода поливает шерстяное полотно в А и, последовательно проходя сквозь шерсть, сливается в соответственное отделение барки, откуда поднимается



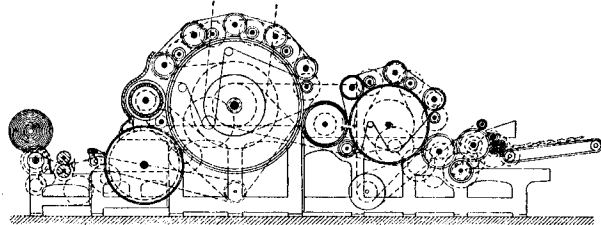
Фиг. 2.

насосом и по трубкам выливается на участок шерсти, непосредственно предшествующий этому отделению. Так. обр. раствор направляется против хода шерсти и постепенно насыщается потом до крепости 15° Вё, отнимая его у шерсти. Из раствора пота пу-

тем обработки его серной к-той изготавлиется поташ и поташное мыло. Из замочки шерсть поступает в моченый левинафан, состоящий из ряда последовательных промывных барок, чередующихся с отжимными валами. Давление валов на отжимаемую шерсть в новейших конструкциях достигает 16 т. Вся система барок и валов работает одновременно, и переход шерсти из одной барки в другую через валы производится автоматически, помощью особых граблей и бесконечных решеток. Все барки соединены между собою трубами, по к-рым растворы перетекают из одной барки в другую против хода шерсти. Передвижение шерсти в барках также производится механически при помощи граблей. Число барок левинафана обычно бывает для меринсовых шерстей 5, для кросс-бредных 3—4, а в новейших молах до 5. В моченых барках жир на шерстяном волокне под действием щелока (мыло и кальцинированная сода) эмульгируется и в таком виде легко растворяется в горячей воде. Вместе с жиром отходят грязь и тяжелые примеси земли и песка, чему способствует механическое воздействие граблей на шерсть при ее передвижении вдоль барки, а также отжимные вилы. Температура растворов в барках поддерживается помощью пара при 40—45°, обычно увеличиваясь от первой барки к последней.

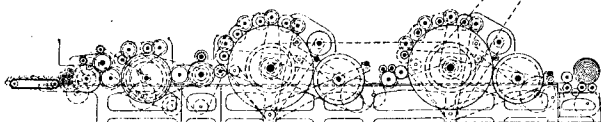
Промытая и отжатая шерсть поступает в с у ш и л к у. Сушилки обычно употребляются непрерывного действия, барабанные и с бесконечными полотнами. Ток горячего воздуха направлен обратно ходу шерсти. Темп-ра воздуха в сушилке 55—60°. Шерсть из сушилки выходит с содержанием 16—18% влаги для обычных шерстей, причем более сорные шерсти просушиваются сильнее и при выходе замасливаются различными растворами, преимущественно оливковым маслом, олеиновой к-той в смеси с содой или нашатырным спиртом. Степень замасливания колеблется от 2 до 5%, причем более тонкие шерсти замасливаются сильнее. Замасливающие приборы бывают двойкой системы: со щетками, разбрызгивающими смазку наподобие пульверизатора, или с откидными желобками, подающими смазку каплями на проходящую под ними шерсть. Замасленная шерсть (сильно репейные или сорные шерсти не замасливаются), еще теплая и влажная при франц. способе и остывшая—при английском, поступает для предварительного прочеса на к ар д м а ш и н у. Кардмашины бывают однобарабанные (фиг. 3) и двухбарабанные (фиг. 4). Они снабжены авантеном и в большинстве случаев автоматич. загрузочным приспособлением. Назначение кардмашин—образовать из массы шерстяного волокна, находящегося в бесформенном состоянии, шерстяное полотно определенной толщины, сообщить волокнам некую параллелизацию, разделить волокна в штапелях, дав им направление в одну сторону, очистить их от посторонних примесей и спутанных волокон, далее несколько уплотнить это полотно, образуя цилиндр-ленту, которая навивается на шпулю крестовой намоткой или укладывается в газ (койлер). Полученные с ряда кардмашин

полотна соединяются, вытягиваются и наматываются на бобину. Для производства всех этих операций кардмашину обтягивают



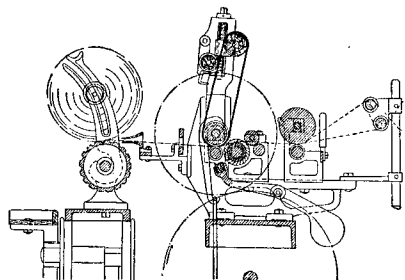
Фиг. 3.

пильчатой и кардной лентой №№ 12—14 в английской системе и до 28 во французской (см. Кардная лента и Кардное производство).



Фиг. 4.

Дальнейшая работа машины заключается в подготовке лент к гребенному процессу. Неравномерную по весу ленту с кардмашин необходимо путем сложений и вытяжек уровнить и несколько усилить параллелизацию волокон. Эти операции производятся гиль-боксами или интересектингами. На фиг. 5 представлен гиль-бокс с круглым гребнем; на фиг. 6—гиль-бокс с одним полем падающих гребней; на фиг. 7—интерсектинг с двумя полями падающих гребней. Главными органами машин служат вытяжные пары валиков (питательные и вытяжные), гребни (круглые или плоские) и прижимающее ленту приспособление (наматывающее на шпулю или укладываемое в таз). Вытяжка совершается за счет большей окружной скорости вытяжных валиков по сравнению с питательными. На гиль-боксах

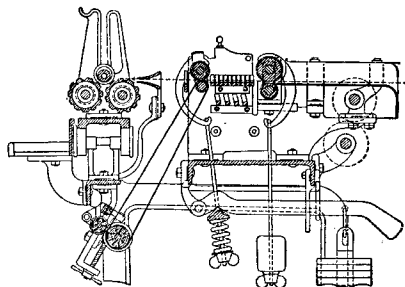


Фиг. 5.

допускается меньшая вытяжка, чем на интересектингах. Изменение вытяжки производится путем соответственного подбора разных шестерен и зависит от природы шерсти

и положения машины в ходе технологич. процесса. Гребни движутся в направлении движения ленты с помощью червяков, расположенных по сторонам, входя в ленту своей игольчатой поверхностью. Обратный проход гребней совершается после выхода их из ленты с помощью кулачков и червяков с обратным ходом и большим шагом. Скорость всяких гребней меньше окружной скорости передних вытяжных валиков, но может быть больше, или несколько меньше окружной скорости питательных валиков, или же равна ей. Разностью скоростей гребней и вытяжных валиков обуславливается параллелизация волокон. Лучшее смещение волокон происходит на интересектингах, худшее — на гиль-боксах с круглыми гребнями. Во французской системе применяются все вышеуказанные виды машин, в английской системе — лишь гиль-бокс

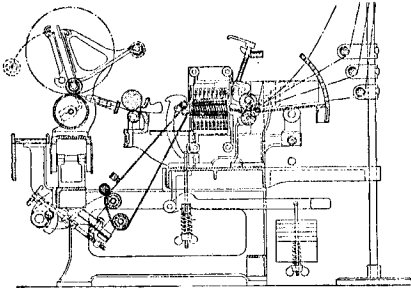
с одним полем падающих гребней. Основной машиной в К. п. считается гребенная машина на которую шерсть, поступающая с гиль-боксов или интересектингов. Для гребенной машины системы Нобль



Фиг. 6.

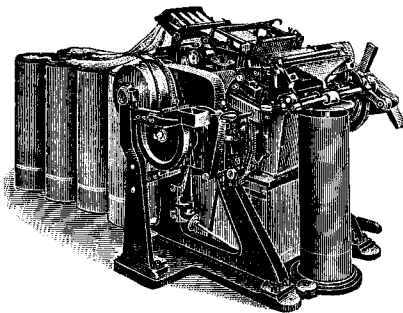
лента предварительно проходит через глубокую машинку, которая дает плотный клубок, составленный из четырех лент, навитых рядом. Цель гребнечесания — превратить ленту с выпрямленными, параллельными, почти очищенными от сора и посторонних примесей волокнами различной длины, в чесаную ленту (топс) с окончательно параллелизованными и очищенными волокнами и механически отделить длинные волокна от более коротких, годных лишь для аппаратного прядения. Гребнечесальные машины разделяются на машины периодич. действия (Гейльмана, Гейльмана-Оффермана) и на машины непрерывного действия (Гольден-Листера, Нобль). Первые применяются гл. обр. при франц. способе прядения, вторые — при английском. На фиг. 8 изображена машина

Гейльмана-Оффермана, а на фиг. 9—машина Пюбль. Все примеси, спутанные и короткие волокна отходят в очес, пух и прочие утары, оставшиеся в чесаной ленте совершенно очищенные волокна, начиная от определенной



Фиг. 7.

длины. Гребенный очес для меринсовых шерстей составляет 7—14%, иногда и выше; для кроссбредных шерстей 5—12%; для полугрубых русских шерстей и верблюжьей—до 22%. Как в очесе, так и в чесаной ленте могут случайно попадаться как более длинные, так и более короткие волокна. Гребенная машина периодического действия работает следующими периодами; подача лент для прочеса, прочес хвоста штапеля круглым гребнем при защемлении головки штапеля в тисках, прочес головки штапеля плоским гребнем, подача прочесанных штапелей на бесконечный кожаный рукав и образование непрерывного полотна из прочесанных порциями штапелей. Соответственные органы машины вступают в работу в последовательном порядке и периодически. Прочесанная лента уплотняется воронкой и укладывается в таз. Очес снимается с круглых гребней щеткой, а с последней—качающейся гребенкой в специальных кожухах. В машинах

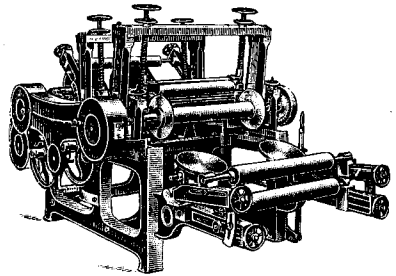


Фиг. 8.

непрерывного действия все указанные выше операции совершаются также последовательно, но непрерывно. На гребенчальных машинах происходят также сложение и вытяжка лент.

После гребенной машины ленты для уравнения и получения определенного веса в метре проходят через ряд тазовых, весовых,

ленточных машин типа гилье-боксов или интерестингов. Разглаживание извитков шерстинного волокна, фиксация волокна по длине и промывка лент от излишнего жира и загрязнений производится на глянцовках (гладилках, backwasher). Ленты пропускаются через ряд ванн с нагретым мыльным раствором, отжимаются после каждой из ванн в прессовых валах и затем огибают ряд сетчатых или глухих цилиндров, обогреваемых паром или горячим воздухом. В последнем случае эта часть машины заключена в кожух, в котором вентилятор создает циркуляцию воздуха, отнимая влагу у лент; температура горячего воздуха 50—55°. При обработке очень сорной шерсти глянцовку помещают до гребенной машины, и в прочес поступает сухая лента, что дает лучшее отделение сора. Для обычных же шерстей глянцовку ставят после гребенчания. Глянцовна соединена непосредственно с гилье-боксом с падающими гребнями или интерестингом, к-рые уничтожают нек-рую свальность волокон, создавшуюся в процессе промывки и отжатия на



Фиг. 9.

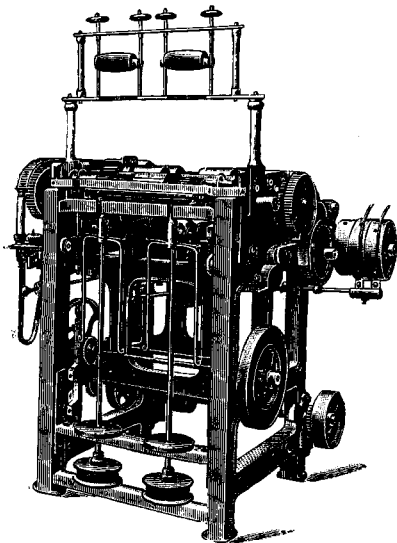
глянцовке. Шерсти русского происхождения обычно не пропускаются через глянцовку. Для иллюстрации работы чесального отдела может служить примерный план прядения (табл. 2).

При обработке длинных кроссбредных шерстей (длиною в массе от 225 мм и выше) англ. способом, во избежание разрыва длинных волокон, шерсть вместо кардмашин проходит через ассортимент (set) последовательных (5—7 мм) препер-боксов. Назначение этих машин — поспешно распрямить путем вытяжек и сложений волокна, очистить шерсть от сора и спутанных волокон и приготовить ленту для гребенного чесания. Препер-бокс состоит из бесконечного полотна, подающего шерсть, пары питающих рифленых валиков, падающих гребней, вытяжной пары рифленых валиков и прибора, принимающего шерстяную ленту. Каждый последующий препер-бокс имеет более тонкие иглы и меньшую разводку вытяжных цилиндров. Последовательная вытяжка шести препер-боксов примерно 45—32,5—26—21—14—10. Вес чесаной ленты от 18 до 22 г в м. Производительность старых кардмашин 5—7 кг в час, новых 9—16 кг. Производительность гребенной машины—от 6 кг для ягнячьих шерстей до 14—15 кг в час для кроссбредных шерстей.

Табл. 2.—Примерный план камвольного прядения.

Для франц. системы (по Цехеру)					Для англ. системы (по Баркеру и Пристмену)				
№ пере-хода	Название машин	Число		Вес	№ пере-хода	Название машин	Число		Вес
		сло-женных	вытя-жек				сло-женных	вытя-жек	
I	Кардмашина . . . . .	1	80	13	I	Кардмашина . . . . .	—	—	6 ун-ций в 5 яр-дах
II	Соединительная . . . . .	7	1,65	55	II	Глициновая . . . . .	10	8	
III	1-я вытяжная . . . . .	2	4,59	24	III	Вытяжная . . . . .	9	7,8	
IV	2-я " . . . . .	4	5,65	17	IV	Гребенчатая (Нобль) . . . . .	72	—	
V	3-я " . . . . .	3	5,1	10	V	1-я ленточная . . . . .	20	6	
VI	Гребенчесальная . . . . .	24	20	12	VI	2-я " . . . . .	4	6	
VII	Тазовая . . . . .	8	5,33	18					
VIII	Весовая . . . . .	6	6	15					
IX	Гладилки с интерсек-тингом . . . . .	6	6	18					
X	Ленточная . . . . .	6	6	18					

Чесаная лента после вылеживания в подвале, где она теряет приобретенное от трения статич. отрицательное электричество и отдыхает в смысле спокойного распределения волокон, поступает в подготовительное отделение, состоящее из ряда машин, через которые она последовательно переходит (переходы, пассажи). Число переходов обычно 6—11. Основными процессами работы подготовительного отделения являются сложение и вытяжка лент. При выходе из вытяжных



Фиг. 10.

валиков ленты проходят для уплотнения через воронку и сучатся кожаными муфтами (ложное кручение) во франц. системе или крутятся рогульчатыми веретенами (остающееся кручение) при англ. способе. Первыми переходами подготовительного отделения служат гилье-боксы с круглыми и интерсектингами с падающими гребнями при франц. сист. и гилье-боксы с падающими гребнями при англ. системе. Последующими перехо-

дами являются банкаброши с круглыми гребнями во франц. системе и без всяких гребней в англ. системе. Банкаброши франц. системы состоят из питательного прибора, двух пар питательных и вытяжных валиков, поддерживающих валиков между ними, круглого гребня перед вытяжными валиками, воронки, сучил и приспособления для наматки лент на крестовую бобину (фиг. 10). Нижние валики—рифленные; по ним проходят бесконечные кожаные рукава. Верхние валики—гладкие, причем передние покрываются кирзой и пергаментом. Верхние питательные валики дают собственным весом, верхние вытяжные валики имеют прижим.

Подготовительное отделение служит для приготовления ровницы определенного номера из чесаной ленты. Обычно номер ровницы в 10 раз ниже вырабатываемой из нее пряжи. Для лучшего скольжения волокон при вытяжке ленты последнюю замасливают на первых переходах, и над проходящей лентой располагают ряд корытц, из которых по калям стекает теплая смазка.

В табл. 3—5 приведены примерные планы прядения в подготовительном отделе для разных сортов пряжи.

Табл. 3.—Примерный план подготовительного отдела по французской системе для пряжи № 64.

№ пере-хода	Наименование машин	Число		№ исходящей ленты
		сложен-ный	вытя-жек	
I	Гилье-боксы с гребнями . . . . .	4	6	0,0937
II	Гилье-боксы с дв. выт. и кругл. гребнями . . . . .	4; 3	4; 3,9	
III	Гилье-боксы с кругл. гребнями . . . . .	4	4,4	0,1340
IV	Грубый банкаброш . . . . .	2	4	0,2681
V	Грубый банкаброш . . . . .	3	4,8	0,4290
VI	Полугрубый банкаброш . . . . .	2	4	0,8580
VII	Средний банкаброш . . . . .	3	4,8	1,3728
VIII	Средний банкаброш . . . . .	4	5	1,7160
IX	Средний банкаброш . . . . .	4	5	2,1450
X	Тонкий банкаброш . . . . .	2	4,8	6,4350

Табл. 4.—Примерный план прядения приготoвительного отдела английскогo прядения для тонких крeссбредов (пряжа Ботани), по Пристмeну.

№ пере-хода	Наименование машин	Число	
		сложe-ный	вытяжек
I	Гилье-бокс . . . . .	6	6
II	Гилье-бокс . . . . .	6	6
III	Верет. гилье-бокс . . . . .	6	6
IV	Дронг-бокс . . . . .	5	6
V	Дронг-бокс . . . . .	4	6
VI	Дронг-бокс . . . . .	4	6
VII	Ф. шпиниг-бокс . . . . .	4	6
VIII	Слаббинг-бокс . . . . .	3	6
IX	Редосинг-бокс . . . . .	2	6
X	Ровинг-бокс . . . . .	2	6

Примечание. Общее число сложений 480 000, общее число вытяжек 60 480 976.

Табл. 5.—Данные для полугрубых крeссбредных шерстей.

№ пере-хода	Наименование машин	Число	
		сложe-ный	вытяжек
I	Гилье-бокс . . . . .	8	10
II	Гилье-бокс . . . . .	8	10
III	Дронг-бокс . . . . .	8	10
IV	Дронг-бокс . . . . .	8	10
V	Дронг-бокс . . . . .	5	10
VI	Ф. шпиниг-бокс . . . . .	5	10
VII	Слаббинг-бокс . . . . .	5	10
VIII	Ровинг-бокс . . . . .	2	10

Примечание. Общее число сложений 1 024 000, число вытяжек 100 000 000.

Расчет вытяжки на последнем банкабросе делается в зависимости от № пряди, числа сложений и № входящей ленты по формуле:

$$E = \frac{N_{\text{вход.}} \cdot D}{N_{\text{пр.}}},$$

где  $E$ —вытяжка,  $N_{\text{вход.}}$ —номер ленты, входящей в машину,  $D$ —число сложений на банкабросе и  $N_{\text{пр.}}$ —номер вырабатываемой пряжи. В англ. системе обычно вместо номера указывается вес ровницы в драхмах (drs) на 40 ярдов, т. е. для  $\frac{40}{14}$  мотка; тогда вес ровницы выразится след. обр.:

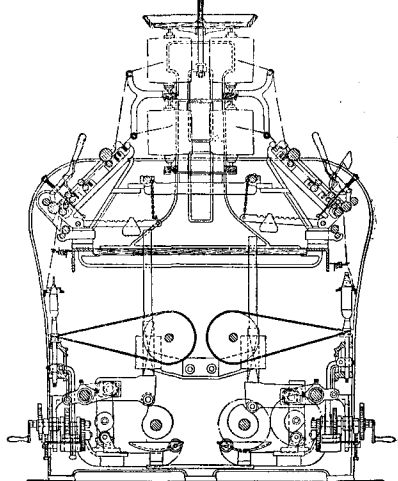
$$\text{drs} = \frac{256 \cdot 40 \cdot \text{вытяжка}}{560 N_{\text{пр.}}} = 18,3 \frac{\text{вытяжка}}{N_{\text{пр.}}},$$

где 18,3—постоянная величина.

Пример. Пряжа № 30 (англ.), вытяжка 12; вес ровницы (40 ярдов)  $18,3 \cdot \frac{12}{30} = 7,3$  drs (1 англ. фн. = 16 унциям = 256 драхмам).

Ровница также вылеживается в подвале при отсутствии естественного света в течение нескольких недель для удаления электричества и отдыха лент. Темп-ра подвала 8—12°; воздух д. б. достаточно влажен. После этого ровница направляется в прядильный отдел. Здесь работа машин заключается в трех основных операциях: вытяжке, крутке и намотке. Прядильные машины бывают 2 типов: периодич. действия—с е л ь ф а к т о р ы и непрерывного—в а т е р а. Ватера в свою очередь разделяется по органам крутки на р о г у д ь ч а т ы е, к о л ь ц е в ы е

и колпачные. Во французской системе прядения применяются сел ь ф а к т о р ы и кольцевые ватера. На фиг. 11 изображен кольцевой ватер. Сообразно поставленным задачам всякая прядильная машина состоит из трех основных механизмов: механизма для вытягивания, механизма для крутки и механизма для намотки. Вытяжной механизм аналогичен вытяжному механизму банкаброса, но не имеет гребней, которые заменяются промежуточными поддерживающими валиками; механизм расположен в неподвижной части машин—станине, горизонтально в сел ь ф а к т о р е и наклонно, под углом при-



Фиг. 11.

мерно 45° к горизонту, в ватерах. Крутящий механизм состоит из веретена в виде шпинделя или втулки (у колпачного ватера). В сел ь ф а к т о р ах, а иногда в кольцевых ватерах франц. системы веретена располагаются наклонно, во всех прядильных машинах других систем—вертикально. Веретена помещаются на подвижных каретках у сел ь ф а к т о р а и у колпачного ватера, причем в первом каретка имеет движение в горизонтальном направлении, а у второго—в вертикальном; у кольцевого и рогульчатого ватеров веретена расположены на неподвижных частях. Давление питательных валиков производится собственным весом, вытяжных—нажимом грузов или пружин. Нижний вытяжной валик рифленый, верхний—во французск. системе деревянный, обтянутый кирзой и пергаментом; в английской прядении верхние ролики чугунные, покрытые двумя слоями кожи или снизу кирзой, а сверху кожей; бывают также пробковые и каучуковые ролики Разводка вытяжных цилиндров устанавливается сообразно длине волокон, как и в приготoвительном отделе. Крутка пряжи имеет целью расположить волокна в нити по винтовой линии, образуя по длине нити контур с входящими друг в друга витками, и

таким образом уплотнить нить. В зависимости от № прядильная крутка выражается следующей ф-лой:

$$T = \alpha \sqrt{N},$$

где  $\alpha$  — коэф-т крутки и  $N$  — номер пряжи. Коэф-т  $\alpha$  для различных видов пряжи:

Назначение пряжи	По Бур-карду	В Гер-мании	В СССР
Для основ из кроссбрета . . .	0,77	0,93	0,94
» » » . . .	0,71	0,83	0,84
» плетенов » . . .	0,65	0,75	0,72—0,70
» углов » . . .	0,60	0,65	0,68

Число оборотов веретен в минуту для селфактора—до 8 000, для кольцевого ватера франц. системы—10 000, для колпачного ватера—около 6 000, для кольцевого ватера англ. системы—около 4 000, для рогульчатого ватера—около 2 000. На фиг. 12 изображено веретено селфактора, на фиг. 13—колпачного ватера, на фиг. 14—кольцевого ватера и на фиг. 15—рогульчатого ватера, при этом у колпачного ватера веретено служит втулка, сидящая свободно на оси.

Работа селфактора совершается в четыре периода. Период I: работа вытяжных пар с одновременной выкаткой каретки и вращением веретен, дающим крутку, предохраняющую нить от разрыва; т. о. получается один виток нити определенного номера. В конце этого периода при остановившихся вытяжных валиках происходит добавочная выкатка кареткой, размером в 3—7% от общей вытяжки, в зависимости от шерсти. Период II: веретена при остановившейся каретке делают обратное кручение для отмотки части нити с конца веретена; во время этого и последующего периодов натяжение нити поддерживается подниточником и надниточником. Период III: при возвращении каретки к ее исходному положению происходит с помощью подниточника и надниточника наматывание выпряденной нити снизу вверх на медленно вращающееся веретено; таким образом образуется конич. часть пачката с плотно прилегающими друг к другу витками. Период IV: образование прослойки совершается в конце подхода каретки к брусу путем быстрого опускания подниточника. Витки прослойки образуют коническ. вит с большим шагом. Прослойка между витками намотки служит для удержания витков от сползания с конической поверхности при отмотке пряжи с пачката при ткачестве. Обыч. число веретен селфактора—550 и 600. В период работы требуется 1 Р на каждые 100 веретен. Часовая производительность селфактора (в кг) выражается формулой

$$P = \frac{L \cdot h \cdot 60 \cdot n}{N \cdot 1000} \cdot \eta,$$

где  $L$ —длина отхода каретки в м,  $h$ —число веретен селфактора,  $n$ —число отходов каретки в мин.,  $N$ —номер пряжи (метрический),  $\eta$ —кпд селфактора. Средняя производительность веретена—ок. 400 м в час.

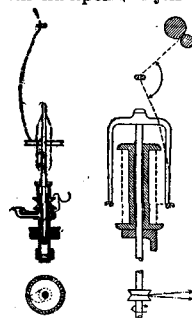
Работа ватеров происходит непрерывно. Определенный участок ровницы вытягивается, затем крутится и наматывается на шпулю или катушку. Вытяжка производится с помощью вытяжных пар, крутка—с помощью веретен; при одном обороте веретена дается один оборот крутки, который распределяется на участок нити, выпущенный за этот промежуток времени вытяжными валиками. Намотка является у рогульчатого ватера следствием отставания скорости катушки от скорости веретена вследствие трения катушки о подложенный под нее суконный кружок; у кольцевого ватера—следствием отставания скорости бегунка, вращающегося по колыбу, от скорости веретена с плотно посаженной на него шпулей или катушкой; у колпачного ватера—отставания нити от веретена благодаря ее трению о край колпачка. Намотка в вертикальном направлении происходит благодаря подъему и опусканию каретки с катушками у рогульчатого и колпачного ватера и планки с колпачами и бегунками у кольцевых ватеров. Часовая производительность ватера (в кг) выражается формулой

$$P = \frac{\pi D \cdot n \cdot 60 \cdot h}{N \cdot 1000} \cdot \eta;$$

здесь  $D$ —диаметр вытяжных валиков в м,  $n$ —число их об/м и  $h$ —число веретен ватера. На 100 веретен требуется около 1,5 Р. Число веретен у кольцевого ватера для франц. прядения: односторонних—200, двусторонних—400; для английских ватеров двусторонних оно колеблется от 140 до 220. Средняя производительность веретена кольцевого франц. ватера до 600 м в час.

Спряденная нить обычно при франц. прядении запаривается в особых запарных камерах, где температура не должна превышать 60°. Пряжа находится в камерах в продолжение 1 ч. и более, после чего, если она не крутится, пакуется в ящики, а основа перематывается на клубки крестовой намотки на крейпшпульных машинах, в которых

иногда имеется корыто сводой и валиком для увлажнения пряжи. Пряжа франц. прядения, предназначенная к крутке, предварительно спаривается (трошение) и в таком виде наматывается крестовой намоткой на бобины, которые и поступают на крутильный кольцевой ватер. При английском способе трощение не производится, а пряжа, предназначенная для крутки, поступает непосредственно на крутильные ватера, аналогичные тем, к-рым она была спрядена. Крутильный ватер отличается от прядильного лишь отсутствием вытяжных пар валиков и особым приспособлением для автоматического останова поступления нити при обрыве

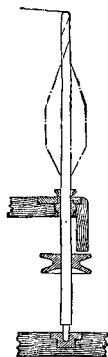


Фиг. 14.

Фиг. 15.



Фиг. 13.



Фиг. 12.

одной из скручиваемых нитей. Размеры крутильных приспособлений несколько увеличены против аналогичн. приспособлений прядильных ватеров. Скрученная пряжа перематывается на клубки крестовой намотки или в мотки на соответственных машинах.

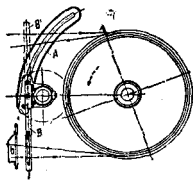
Для правильной работы в отделах необходимо поддерживать в них определенную  $t^\circ$  и влажность. Примерная  $t^\circ$ , относительная влажность и необходимый минимальный обмен воздуха для прядения по франц. системе показаны в табл. 6.

Табл. 6. — Обстановка работы при французском камвольном прядении.

Отделы	Обмен воздуха в ч.	Темп-ра помещения	Относительная влажность в %
Кардный . . . . .	33	22—24°	55
Гребенный . . . . .	2	24—26°	80
Приготовительн.	1,5	22—24°	80—85
Прядильный . . . . .	1,5	25—30°	85—90

Лит.: Clapham J. H., The Woollen a. Worsted Industries, L., 1907; Barker A. F., Woollen a. Worsted Spinning, London, 1922; Barker A. a. Priestley E., Wool Carding a. Combing, London, 1919; Вradbury F. a. Buckley M., Worsted Preparing a. Spinning, 2 edition, v. 1—Wool Carding, L., 1920, v. 2—Wave Combing, London, 1923, v. 3—Spinning, London, 1922; Buckley M., Worsted Overlooker's Handbook, Halifax, 1923; Carter H., Combers a. Combing, London, 1915; Davies G. G., Worsted Drawing a. Spinning Calculations, L., 1923; Hawkins T., Woolwashing from a Mechanical Standpoint, Bradford, 1904; Priestman H., Principles of Worsted Spinning, London, 1924; Priestman H., Principles of Wool Combing, 2 ed., London, 1924; Smith G., Woollen a. Worsted Spinning a. Carding, London, 1914; Turner H., Worsted Spinner's Practical Handbook, London, 1914; Booth N., The Ringspinning Frame, A Guide for Overlookers a. Students, L., 1912; Mayer O. u. Zehetner J., Technik u. Praxis d. Kammgarnspinnerei, B., 1923; Preu R., Die Kammgarnspinnerei, Volkmmerei, Webarn, Strickgarnspinnerei, 2 Aufl., Berlin, 1923; Wolf H., Über d. geschichtliche Entwicklung d. Wollkamm-Maschine und ihre technologische Arbeitsweise, Berlin, 1927; Zehetner J., Die Berechnung u. Lösung d. Grundrisses einer Wollwascherei u. Kämmeranlage, Reichenberg, 1923; Ganswindt A., Wolle u. ihre Verarbeitung, W.—Lpz., 1919; Faux L., Principes et théorie de la transformation des laines brutes en fils peignés, P., 1925. Д. Басанов.

**Техника безопасности.** Кардочесальные аппараты. Пусковые механизмы должны давать возможность останавливать кардочесальный аппарат с любого места работы (при несчастном случае) и производить пуск только с одного определенного места (во избежание неожиданного пуска аппарата). В практике имеются устройства, которые дают возможность останавливать и пускать в ход с нескольких мест каждый из прочесов чесального агрегата. Устройство состоит из цепочки, перекинутой через закрепленный на оси блок. На той же оси насажен блок с цепочкой, соединенный с пусковым механизмом. Если у последнего блока поставить храповичок с собачкой, то остановка аппарата возможна с трех-четырёх мест, а пуск только с одного. Весьма опасны нормальные конструкции переводных вилков при обратном ходе аппаратов во



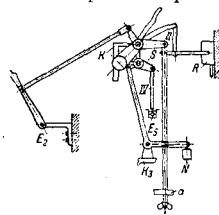
Фиг. 1.

время чистки, т. к. в этом случае для перевода ремня рабочий должен направлять ремень руками. Вполне правильно и надежно при прямом и обратном ходах аппарата работает переводная вилка системы В. А. Смелова (фиг. 1). Во время нормальной работы кардочесального аппарата вилка находится в положении В; для чистки и обратного хода барабана рабочий за ручку  $b$  перекидывает вилку в положение В'; А—дуга, при помощи которой переводный механизм крепится к машине. Большую опасность представляет отбрасывание валиком сора (засорение движущихся частей и чистка их рабочим на ходу). Во избежание этого д. б. устроен у валиков сорозулавливающий жолоб с автоматич. скребками, сметающими сор в специальный ящик. Кроме того отбойный валик д. б. защищен периферич. ограждением. На фиг. 2 показаны скребки и отбойный валик с футляром фирмы Гартман: винт А с правой и левой резьбой приводит в движение поступательное движение скребков В; последний при обратном движении поворачивается рычагом К на 90° вокруг горизонтальной оси и таким образом проходит над сором. Такие скребки ставят и у курьерчиков, также в изобилии отбрасывающих сор.

Вытяжные машины с падающими и гребнями. Здесь опасн. моментом является срывание рабочими намотов шерсти с валиков и длиндров во время вращения их (попадание пальцев). Фирма Крупп ввела в интесектингах 1927 г. устройство, автоматически выключающее мотор при намоте шерсти (фиг. 3). Пусковой реостат К мотора может быть включен как спереди станка, где выходит ровница, так и сзади, откуда начинается заправка помощью рычагов  $E_2$  и  $S$ , передаточного рычажного механизма и вала II. Автоматическое выключение при намотанной катушке происходит вследствие поднятия подпашника  $E_5$ , движение которого передается через систему рычагов IV рукоятке пускового реостата. У ряда других машин Круппа выпуска 1927 года имеется приспособление, регулирующее количество ровницы, навиваемой на катушки.

В ватерах опасным моментом является остановка веретена рукой для просучки при обрыве нити (порезы рук о брусочки). Фирма Гартман снабдила ватера вып. 1928 г. индивидуальными фрикционными тормозами у каждого веретенного блока.

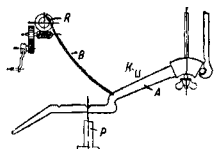
Опасной деталью на стуколках—гиль-боксах—англ. и франц. прядения и б а н к а б р о ш а з франц. прядения являются нажимные грузы, прижимающие валики системою рычагов (повреждения рук или



Фиг. 3.

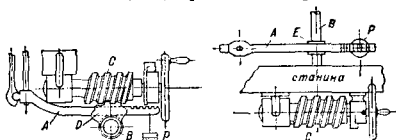
Опасной деталью на стуколках—гиль-боксах—англ. и франц. прядения и б а н к а б р о ш а з франц. прядения являются нажимные грузы, прижимающие валики системою рычагов (повреждения рук или

ног при падении гири). Конструкции Круппа (фиг. 4) и Гартмана (фиг. 5) у банкаброшей вполне отвечают своему назначению. В механизме Круппа



Фиг. 4.

все рычаги *A* с грузами *P* поднимаются одновременно эксцентриками *E*, сидящими на общем валу *B*, вращаемом при помощи



Фиг. 5.

червячной передачи *C-D*; рычаги, поднятые одиночно, удерживаются крючками. Аналогичная система подъема рычагов введена Гартманом в настоящее время также и в ватерах.

**КАМЕДЕСМОЛЫ**, продукты, выделяемые растительными организмами, близкие по своему составу к смолам (см.) и представляющие по общей классификации подгруппу последних. В рациональной, основанной на химич. составе, классификации смол Чирха *K.* не приводятся, так как не представляют продуктов, достаточно химически однородных со стороны строения их смоляной части. Под названием *K.* обычно понимают смеси смол, камедей и эфирных масел, получаемые из растений путем высушивания млечного сока. В отдельных случаях в *K.* установлено присутствие ферментобразных продуктов и окрашенных соединений. Нормальными составными частями *K.* являются минеральные вещества, к-рые дают до 7—10% золы, и вода (до 5—7%), обуславливающая влажность. Химич. состав *K.* изучен недостаточно, в особенности в отношении природы камедей, входящих в их состав. Смоляная часть содержит в большинстве случаев резинолы (мирра, оппопонакс, эвфорбий), резинотаннолы (аммиачная *K.*, асафетида, гальбан, сагапен), резины (мирра, оппопонакс, ладан), высокомолекулярные кислоты типа смоляных (ладан, гуммигут), ароматич. кислоты (асафетида, гальбан). Во многих *K.* установлено присутствие характерных индивидуальных соединений: умбеллиферона (оксисумарина), эвфорбона и др. В отдельных *K.* находится каучук (эвфорбий, лактукарный), и т. о. эти *K.* образуют переход к группе лакторезенов (по терминологии Чирха). Соотношение между смолами и камедями у различных *K.* колеблется, но в большинстве случаев наблюдается преобладание смол (50—75%) над камедями (18—34%), хотя имеются примеры и обратного соотношения: напр. мирра содержит 22—23%

смол и 65—67% камедей. Содержание эфирного масла обычно не превышает 10%, хотя и в этом отношении имеются исключения: например сагапен содержит до 20% эфирных масел.

Добытие *K.* производится в огромном большинстве случаев кустарным способом и состоит в собирании млечного сока растений, вытекающего произвольно или вследствие поранений, наносимых сборщиками. Дальнейшая обработка сводится к упариванию и подсушиванию. Вследствие того что получение *K.* ведут обычно кустарным способом, они почти всегда загрязнены частями растений, песком и т. п. Наиболее характерным является свойство *K.* давать с водой довольно стойкие эмульсии, что является следствием одновременного присутствия в *K.* смол и камедей.

Методы испытания *K.* пока мало разработаны: к общим методам относится определение влаги (высушиванием при  $t^\circ$  не выше  $t^\circ$  размягчения *K.*), золы (сжиганием), нерастворимого в кипящем крепком спирте остатка, способности давать эмульсии с водой. Более детальные способы испытания являются для отдельных *K.* специфическими и в большинстве случаев представляют качественные реакции, например окраска при действии крепкой серной кислоты и ванилина (мирра), микроскопич. исследование, соединенное с окраской йодом (гуммигут), и др. По предложению Дитриха в практику начинают вводиться и количественные определения, аналогичные применяемым при работе со смолами, т. е. определение ряда химических констант. **Кислотное число** (количество мг едкого кали, потребное для нейтрализации свободных к-т в фильтрате, полученном последовательным извлечением водой и спиртом 1 г *K.*), **смоляное число** (количество мг едкого кали, потребное для омыления 1 г *K.* на холоду в течение 24 час. спиртовым раствором едкого кали), **общее число омыления** (количество мг едкого кали, потребное для омыления 1 г *K.* при обработке последовательно по 24 часа спиртовым и водным растворами едкого кали), **гуммици число** (разность между общим числом омыления и смоляным числом) рекомендуются Дитрихом как характерные константы.

*K.* находят применение в медицине, в парфюмерном производстве, для приготовления курительных ароматическ. смесей, в значительных количествах в лаковом производстве и при выработке специальных замазков. Об отдельных *K.* см. *Аммиачная смола, Асафетида, Бделий, Гальбан, Гуммигут, Мирра, Оппопонакс, Эвфорбий.*

Лит.: Вольф Г., Бальзамы, смолы, II, 1923; Wolff H., Die natürlichen Harze, Stg., 1928; Wiesner J., Die Rohstoffe d. Pflanzenreiches, B. 1, 3 Aufl., Lpz., 1914; Dietrich K., Die Analyse d. Harze, Balsame u. Gummiharze, B., 1900; Tschirch A., Die Harze u. Harzbehälter, Lpz., 1906. **Б. Рутковский.**

**КАМЕДИ**, продукты растительного происхождения, находящие практич. применение вследствие способности давать вязкие, клейкие водные растворы. Образование *K.* в растениях может происходить в порядке нормально протекающего процесса (физiologicalическое *K.*) или в результате



травматич. или болезненных изменений (п а т о л о г и ч е с к и е К.). Большинство технических применяемых камедей относится к последнему типу. Процесс образования К. (г у м м о з) имеет регрессивный характер, т. к. при этом клеточные стенки и содержимое клеток под действием особого фермента (г у м м а з ы) превращаются в К., которая ристением в дальнейшем не используется. Причиной образования К. могут быть различного рода повреждения камбияльного слоя (трещины, улолы насекомых, поранения), принимающие иногда характер болезни—к а м е д е т е ч е н и я (г у м м о з и с). Повидимому главной функцией К. является заплощение и защита ран.

Обращающиеся на рынке сорта К. имеют вид неправильных комков величиной от капли до кулака, с гладкой блестящей или шероховатой поверхностью, редко бесцветных, большею же частью окрашенных в желтый или бурый цвет. Обладая малой твердостью и хрупкостью, К. легко поддаются порошкованию, давая при этом б. ч. бесцветные порошки, отдельные частицы которых при рассматривании в лупу имеют стеклянный блеск. Большинство К. не имеет запаха, многие из них обладают сладковатым или выжигиым вкусом. К. нерастворимы в обычных органич. растворителях: спирте, эфире, бензоле, но с водой образуют растворы коллоидального характера или только разбухают в ней; в 60%-ном растворе хлоралгидрата К. растворяются легко. Чем выше вязкость водных растворов К., тем они считаются лучше; однако вязкость не всегда увеличивается параллельно с другим ценным качеством К.—клеистостью. Водные растворы К. имеют слабо кислую реакцию и вращают плоскость поляризации б. ч. влево.

По химич. составу К. не представляют однородного продукта; в большей своей части они состоят из углеводов и их калиевых, кальциевых и магниевых производных. Кроме того в составе К. обнаружены пентозаны, сахара, дубильные и красящие вещества, по об их химич. природе и количественном содержании в К. имеется чрезвычайно мало данных. В числе азотсодержащих соединений главное место занимают постоянно присутствующие в К. ферменты—гл. обр. оксидаза и амилаза, присутствие которых м. б. обнаружено лишь в К., не подвергавшихся нагреванию до 120°. При гидролизе К. серной к-той получаются по преимуществу пентозы или галактозы. Перегонка К. с 12%-ной соляной к-той приводит к образованию фурфурола и метилфурфурола. При окислении К. образуется слизевая к-та наряду с сахарной и шавелевой (в отличие от декстрина, к-рый дает гл. обр. шавелевую и совершенно не дает слизевой к-ты). Весьма характерным свойством К. является их способность давать нерастворимый осадок с основным уксуснокислым свинцом, причем реакция эта настолько чувствительна, что позволяет открывать присутствие К. в разбавлениях до 1 : 50 000.

Принимая за основу отношение К. к воде, различают: а) с о б е т в е н н о К., понимаем под ними вещества, дающие растворы с водой, и б) растительные слизи, которые

в воде только разбухают. К. в узком понимании классифицируются на основе свойств главной их составной части—углевода. Различают К.: 1) а р а б и н о в ы е, содержащие гл. обр. арабин, или арабиновую кислоту, 2) ц е р а з и н о в ы е, главной составной частью к-рых является церазин, идентичный с м-арабином, 3) б а с с о р и н о в ы е, характеризующиеся присутствием бассорина, и 4) смешанного, церазино-бассоринового характера. К первой группе относятся все *акацииые камеди* (см.). К камедям, содержащим церазин, принадлежат: *вишневый клей* (см.) и К., выделяемые сливовыми, абрикосовыми и т. п. деревьями. Близкой по характеру, но не идентичной с предыдущими, являются *свекловичная К.*, содержащаяся в нормально развивающейся сахарной свекловине. Ц е р а з и н е р а с т в о р и м в воде, при кипячении с раствором поташа он переходит в раствор при одновременном выделении углекислого кальция, при растворении в щелочах переходит в арабин. Б а с с о р и н также нерастворим в воде, но разбухает в ней очень сильно; реакция воды остается нейтральной; бассорин не содержит металла, но в нем установлено присутствие метоксильной группы ( $-OCH_3$ ), в едких и углекислых щелочах он растворяется без выделения углекислого кальция; подобно церазину, феллингов раствор не восстанавливает. Главнейшими представителями бассориновой группы К. являются *трагант* (см.) и *бассорская камедь* (см.). К четвертой группе относятся мало распространенные сорта камедей, близкие к траганту, например к у т е р а - к а м е д и.

Методика исследования К. очень мало разработана, и испытание их сводится к проверке отсутствия обычных фальсифицирующих примесей (крахмала, декстрина и т. п.). Помимо оценки по внешнему виду проверяется также растворимость в воде и количество золь, получающейся при сжигании К. Важное значение имеет количественное определение арабина в акациевых К., основанное на выделении его из водного раствора К. при помощи спирта и уксусной к-ты. Практически ценное свойство К.—клеистость—может определяться, по Гиршону, путем испытания на разрыв брусков, приготовленных из 10%-ного раствора К. и гипса. Вязкость растворов К. определяется вискозиметрами различных конструкций. Помимо перечисленных выше сортов К. на европ. рынке почти не встречается других. В пределах СССР получение К. типа вишневого клея м. б. развито широко; в отношении же К. типа акациевых и траганта нет почти никаких данных, хотя, по исследованиям, можно ожидать получения, например из листенницы, *Latig*, продукта, близкого к аравийской К.

Применение К. весьма разнообразно: в медицинской практике они применяются как обволакивающие вещества или для приготовления пильоль, в кондитерском производстве—для изготовления специальных сладостей «восточного» типа. Пищевое значение имеют некоторые сорта К. на местах сбора, где местное население пользуется ими как съедобным продуктом. Технич. применение К. основано исключительно на их связываю-

щей и клеящей способности: они служат для изготовления нек-рых сортов клея, употребляются при печатании, при изготовлении акварельных красок и копировальных чернил, в спичечном производстве, в текстильной промышленности (как аппретурное средство) и в ситцепечатании.

Растительные слизи, близкие по свойствам к К., широко распространены в растительном мире, но мало исследованы. По химич. характеру они близки, с одной стороны, к арабинозу, а с другой — к целлюлозе. При гидролизе разбавленной серной к-той растительные слизи дают, наряду с незначительными количествами пентоз, в качестве главного продукта гекозозы: галактозу, глюкозу, маннозу. Растительные слизи редко поступают на рынок в выделенном состоянии; обычно в продажу поступают богатые слизью части растений. Кроме *агар-агара* (см.), к числу торговых продуктов относится *карагин* (см.). В семенах льна также содержится слизь, дающая при гидролизе глюкозу, галактозу и арабинозу; применение ее ограничено медицинскими целями. Из семян айвы, *Cydonia vulgaris*, выделено до 20% слизи, напоминающей по свойствам трагакт и содержащей по преимуществу пентозаны. К богатым слизями сырьем принадлежат также семена *Plantago Psyllium*, *Trigonella Foeniculum-graecum*, корни и листья *Althaea officinalis*, листья и цветы *Malva silvestris*, цветы *Tilia ulmifolia* и др. Под названием с а л е п а известны клубни различных видов *Orchis*, содержащие до 48% арабина и декстрина. Применение этих видов ограничено медицинским назначением.

Еще менее исследована природа *пектиновых веществ* (см.), широко распространенных в природе и близких по своим свойствам к К.

Лит.: Wiesner J., Die Rohstoffe d. Pflanzenreiches, B. 1, 3 Aufl., Leipzig, 1914; Tschirch A., Handbuch der Pharmakognosie, B. 2, Leipzig, 1912; Schmidt E., Ausführliches Lehrbuch der Pharmazeutischen Chemie, 6 Auflage, B. 2, Abt. 1, Braun-schweig, 1909.

Б. Рувоский.

**КАМЕННАЯ СОЛЬ**, см. *Поваренная соль*.  
**КАМЕННЫЙ УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ** Все современное мировое хозяйство в основном покоится на широком применении каменного угля как главнейшего источника двигательной силы. До тех пор пока

яла, была создана почва для быстрого роста машинного производства. По определению В. Зомбарта, «уголь является материальным центром современной техники, из которого во все стороны распространяются согревающие и освещающие лучи». По выражению проф. Н. Курбатова, каменный уголь представляет «естественный склад тепла, света и энергии». Уголь может заменить собой все осветительные и отопительные материалы животного и растительного происхождения. В прямой зависимости от наличия в стране этого вида горючего находится развитие в ней индустрии. Поэтому богатство страны углем является важным измерителем ее экономической мощи. В частности без каменного угля не мыслим был бы колоссальный рост ж.-д. и морского транспорта, металлургии и целого ряда отраслей химич. промышленности, для к-рых он служит необходимым сырьем (искусственные минеральные краски, фармацевтические препараты, бензол, толуол, лаки и т. д.).

Развитие мировой добычи каменного угля (включая бурый уголь) характеризуется следующими цифрами:

Годы	В млн. т	В % к 1900 г.
1900 . . . . .	700,0	100,0
1913 . . . . .	1 216,3	173,8
1923 . . . . .	1 173,2	167,6
1924 . . . . .	1 178,8	168,4
1925 . . . . .	1 183,0	169,0
1926 . . . . .	1 179,2	168,5
1927 . . . . .	1 276,4	182,3
1928 . . . . .	1 248,3	178,3

Упадок мировой добычи по сравнению с 1913 г. объясняется хронич. кризисом перепроизводства, переживаемым К. п. под влиянием целого ряда факторов. Важнейшими из них являлись: длительная депрессия мирового хозяйства за период 1913—27 гг. и изменения в структуре энергетич. хозяйства, выразившиеся в быстром росте применения гидравлич. энергии, в замене угля нефтью в морском транспорте и в рационализации топливного хозяйства, уменьшающей спрос на уголь. Изменение добычи в важнейших странах характеризуется табл. 1.

Для характеристики процессов, совершающихся в К. п., интересны табл. 2 и 3. Таблицы показывают, что удельный вес США,

Табл. 1.—Добыча угля (включая бурый уголь) в важнейших странах (в млн. т).

Страны	Годы						1928	
	1900	1913	1924	1925	1926	1927	абс.	В % к 1900
США . . . . .	244,6	517,1	518,6	527,9	596,7	542,4	516,6	211,2
Англия . . . . .	228,8	292,0	271,4	217,1	128,3	255,3	211,5	105,6
Германия . . . . .	109,3	140,8	118,8	132,6	145,3	159,6	150,9	139,1
Франция . . . . .	33,4	43,8	44,0	47,1	51,4	51,8	51,4	153,9
Итого . . . . .	616,1	983,7	952,8	954,7	921,7	1 003,1	960,4	155,9
В % к мировой добыче . . . . .	88,0	81,7	89,3	80,7	78,1	78,6	76,9	—

почти единственным видом топлива для промышленности были дрова, технич. прогресс был ограничен весьма узкими рамками. Лишь после того как было найдено дешевое и обильное топливо в виде каменного уг-

Англии, Германии и Франции, занимающих преобладающее место в мировой К. п., обнаруживается заметная тенденция к сокращению, хотя общая добыча этих стран возросла на 55%. Более всего возросла за этот

Табл. 2.—Участие важнейших стран в каменноугольной промышленности (в % к мировой добыче).

Страны	Годы		
	1900	1913	1928
США . . . . .	34,9	42,5	41,4
Англия . . . . .	32,7	24,0	19,3
Германия . . . . .	15,6	11,6	12,1
Франция . . . . .	4,8	3,6	4,1
Итого . . . . .	88,0	81,7	76,9

Табл. 3.—Среднее годовое число рабочих, занятых в каменноугольной промышленности.

Страны	Годы	1927				
		1913	1924	1925	1926	абс. в % к 1913
Англия *1 . . . . .		1127 890	1230 248	1117 828	1128 209 **	960 826 85,2
США . . . . .		747 627	779 613	748 806	759 003	—
Германия . . . . .		490 709 **	558 938	557 087	514 807	542 062 104,9
Франция *1 . . . . .		203 208	295 213	309 447	316 000	324 018 155,5

\*1 С 1924 г. без Ирландии. \*\* Март. \*\* в современных границах. \*4 Без Саарского района.

период добыча в США. Преимущества США заключаются в богатстве угольных пластов и удобстве разработки (неглубокое залегание), в высокой технико-организационной стороне американской промышленности, обеспечивающей высокую производительность труда американских уголекопов, и в значительно меньших вследствие этого издержках производства (вдвое ниже английских). Так, по данным 1924—25 гг. производительность труда в угольной промышленности на одного занятого рабочего составляла: в США 734, в Германии 262, в Англии 243, во Франции 170 т за год. Несмотря на такие преимущества американский уголь может конкурировать с английским только на немногих рынках. Это объясняется тем, что угольные бассейны Америки (главный из них, бассейн Аллеганских гор, тянется от штата Пенсильвании до штата Алабамы) расположены далеко от морского побережья (1200—1500 км). Главным рынком американского угля служит Канада. На положении К. п. США тяжело отразилась забастовка американских уголекопов, происходившая в 1927 г. вскоре после знаменитой стачки английских уголекопов.

Второй по своему удельному весу страной в К. п. является Англия. Из 4 стран, имеющих преобладающее значение в добыче угля, удельный вес Англии обнаружил наибольшее понижение во всех отношениях, причем значительно сократилось и число рабочих, занятых в К. п. Это свидетельствует о значительном упадке английской К. п., причиной к-рого, помимо сокращения внутреннего потребления угля, является значительное сокращение угольного экспорта, всегда игравшего весьма важную роль в мировом снабжении углем: в 1913 г. экспорт англ. угля составлял 52,7% мирового угольного экспорта и равнялся (без бункерного угля) 74,6 млн. т; в 1927 г. он упал до 51,9 млн. т. Этот упадок объясняется как депрессивным состоянием мирового угольного рынка, так

и ростом добычи угля во внеевропейских (Япония, Британская Индия, Китай, южная Африка и др.) и в нек-рых европейских (Голландия, Испания) странах. Восстановлению английск. угольного экспорта и ослаблению угольного кризиса в Англии препятствует высокая цена на уголь, являющаяся результатом технич. отсталости и организационной раздробленности английской К. п. (1500 владельцев). Кроме того издержки на добыче угля увеличиваются вследствие необходимости разрабатывать все более глубоко залегающие угольные месторождения. Сни-

жение высоких издержек производства англ. углепромышленники стремятся осуществить путем технико-организационного улучшения производства (как это делается в США и Германии), а путем сокращения заработной платы и удлинения рабочего дня, что вызывает значительные социальные и экономич. осложнения. Между тем К. п. имеет громадное значение в народном хозяйстве Англии. В прямой зависимости от нее находится не менее 1/10 населения Англии; уголь не только необходим для внутреннего потребления, составляя основу всей английской промышленности (гл. обр. железодобывательной, судостроительной и металлообрабатывающей), но составляет около 1/10 ценности англ. экспорта. Кроме того экспорт угля, требуя большого тоннажа, обуславливает дешевые фрахты, имеющие для Англии самое жизненное значение. Поэтому упадок К. п. тяжело отражается на всем народном хозяйстве страны, вызывая длительный кризис последнего. Что касается территориального распределения К. п. Англии, то главнейшими районами ее являются: Южный Уэльс, Дургеи, Шотландия, Южный Йоркшир, Ланкашир и Чешир.

Третье место в мировой К. п. занимает Германия. Своим быстрым развитием в конце 19 и в начале 20 в. герм. промышленность в громадной степени обязана была своим каменноугольным месторождениям, наиболее крупным в континентальной Европе. В результате войны 1914—18 гг. Германия лишилась 3 крупных каменноугольных бассейнов: 1) Верхнесилезского (добыча в 1913 году 33 млн. т), перешедшего в 1922 году к Польше, 2) Саарского (добыча—13 млн. т) и 3) Лотарингского (добыча—4 млн. т), перешедших к Франции. Несмотря на значительные разрушения, причиненные войной, Германия постепенно стала восстанавливаться и, в противоположность тому, что наблюдалось в английской К. п., в 1926 г. превысила довоенный уровень. Тем не ме-

нее вследствие несоответствия между восстанавливающейся производительной способностью и уменьшением емкости рынка, а также вследствие трудности расширения угольного экспорта К. п. Германии переживает кризис, к-рый сопровождается ростом безработицы в Рурском районе, увеличением угольных запасов и т. п. Стачка англ. углекопов в 1926 г. и последовавшее затем улучшение герман. конъюнктуры облегчили несколько положение (в частности англ. стачка помогла Германии расширить свой угольный экспорт и занять англ. рынки сбыта). Однако это облегчение было лишь временным. Рост добычи каменного угля в Германии с 1900 по 1928 год на 38,1% сопровождался увеличением числа занятых ею рабочих всего на 4,9%, что свидетельствует о значительном технико-организационном прогрессе. Главнейшие каменноугольные районы Германии — Рурский, Рейнский, Силеский и Саксонский; из них первые два дают около  $\frac{1}{5}$  всей германской добычи угля. В последние годы в Германии расширилась добыча бурого угля, частично заменившего каменный уголь в производстве электрич. энергии, в домашнем употреблении и в химической промышленности. В частности, в связи с открытием проф. Берггусом способа получения из угля синтетического жидкого топлива, могущего заменять природные нефтепродукты и обходящегося в производстве дешевле последних, — в 1927 году в Германии стали работать два завода по производству синтетических нефтепродуктов: один в средней Германии — на бурых углях, другой в Руре — на каменном угле. Изо-

бретение проф. Берггуса открывает угольные сферы сбыта.

В сравнении с тремя рассмотренными странами К. п. Франции значительно меньше по своему значению. Темп ее роста за период 1900—28 гг. составил 53,9% превысив таким образом темп Англии и Германии. Несмотря на это французская К. п. недостаточна для удовлетворения нужд промышленности страны. Недостаток в угле обострился с присоединением Эльзас-Лотарингии, к-рая производит только половину угля, потребного для ее промышленности. Вследствие этого потребность Франции в привозном угле, в особенности в коксе (для металлургии), возросла. Уголь и кокс поставляются Франции Германией (в порядке репарационных поставок), Бельгией, Люксембургом и Англией (последняя доставляет высокие сорта угля для нужд ж. д. и флота). Значительный рост числа рабочих в К. п. Франции (с 1900 по 1928 г. — на 55,5%) объясняется распространением 8-часового рабочего дня на всех поверхностных рабочих и введением  $6\frac{1}{2}$ -часового дня для подземных рабочих. Недостаточность К. п. Франции для удовлетворения всех ее потребностей в угле, несмотря на присоединение к ней Саарского бассейна, объясняются ее притязаниями на Рурский угольный бассейн и оккупация его. Присоединение Рура к Франции значительно усилило бы ее экономич. мощь; отсюда противодействие этому со стороны Англии, не желающей такого усиления Франции.

Для более полной характеристики мировой К. п. в табл. 4 и 5 приведены данные о мировой продукции бурого угля и кокса.

Табл. 4.—Мировая продукция бурого угля (в тыс. т).

Страны \ Годы	1913	1924	1925	1926	1927		В % к мировому итогу	
					абс.	в % к 1913	1913	1927
Германия . . . . .	87 233	124 637	139 725	139 151	150 806	172,9	70,3	78,7
Венгрия . . . . .	5 954	5 751	5 329	5 822	6 243	104,9	4,8	3,3
США . . . . .	470*1	1 993	2 125	2 091	1 795*2	381,9	0,5	0,9
Франция . . . . .	800	989	1 007	1 056	1 067	133,4	0,6	0,6
Общий мировой итог . . . . .	124 988	164 862	177 869	178 013	191 127*2	152,9	—	—

\*1 1914 г. \*2 Предварительные данные.

Табл. 5.—Мировая продукция кокса (в тыс. т).

Страны \ Годы	1913	1924	1925	1926	1927		В % к мировому итогу	
					абс.	в % к 1913	1913	1927
США . . . . .	42 002	40 161	46 509	51 589	46 199	110,0	39,1	40,8
Германия . . . . .	34 650*1	24 885	28 397	27 297	32 261	93,2	32,3	28,5
Англия . . . . .	19 004	12 357	11 186	4 780	12 000*2	32,3	12,1	10,6
Франция . . . . .	4 027	4 600	3 070	3 787	4 083	101,0	3,8	3,6
Бельгия . . . . .	3 523	4 180	4 108	4 956	5 387	152,9	3,3	28,5
Чехо-Словакия . . . . .	2 562	2 219	1 558	1 524	2 477	96,7	2,4	2,2
Общий мировой итог . . . . .	107 285	94 737	101 798	103 305	113 146*2	105,4	—	—

\*1 В старых границах. \*2 Предварительные данные.

Каменноугольная промышленность в СССР. Каменный уголь является в СССР важнейшей народнохозяйственной базой. В табл. 6 охарактеризована его Табл. 6.—Удельный вес различных видов топлива в топливоснабжении СССР (в %).

Виды топлива	Годы			
	1913	1925/26	1926/27	1927/28
Каменный уголь . . . . .	57,3	54,1	59,0	59,4
Древесное топливо . . . . .	27,3	28,7	21,4	17,6
Нефть . . . . .	13,5	17,5	14,4	18,2
Торф . . . . .	1,9	4,7	5,2	4,8
Итого . . . . .	100	100	100	100

роль в топливоснабжении страны и постепенное усиление его значения за счет древесного топлива. Но экономич. роль каменного угля не исчерпывается применением его в качестве топлива. Кроме того имеет важное значение ряд побочных продуктов, получаемых при переработке угля: светильный газ, серноокислый аммоний, нашатырный спирт, бензол, тяжелые масла, пек, каменноугольная смола, искусственные краски, фармацевтич. препараты. Добыча каменного угля (включая бурый уголь) выразилась в СССР в следующих цифрах:

Годы	В млн. т	В % к 1913 г.
1913 . . . . .	29,09	100,0
1923/24 . . . . .	16,22	55,8
1924/25 . . . . .	16,47	56,6
1925/26 . . . . .	25,58	87,8
1926/27 . . . . .	31,99	110,0
1927/28 . . . . .	36,13	124,2

Т. о. несмотря на громадные разрушения, произошедшие в важнейших каменноугольных районах СССР (Донецкий, Уральский) гражданской войной и интервенцией, СССР к 1926/27 г. не только восстановил свою довоенную добычу, но даже значительно превысил ее. Рост добычи вызывался ростом промышленности, транспорта и электроснабжения. Роль СССР в мировой добыче каменного угля сравнительно с довоенным временем не изменилась, составляя 2,2—2,4%. Существовавшая в довоенное время зависимость топливоснабжения страны от импортного угля (в 1913 г. ок. 10 млн. т) прекратилась: иностранный привоз незначителен и покрывается вывозом донецкого и дальневосточного угля. Рост добычи угля по отдельным районам СССР показан в табл. 7.

Табл. 7.—Добыча угля в СССР.

Районы	Годы		1913		1925/26		1926/27		1927/28		1927/28 в % к 1913
	млн. т	%	млн. т	%	млн. т	%	млн. т	%			
Донецкий бассейн . . . . .	25,29	86,9	19,58	76,8	29,60	76,9	27,66	77,1	110,2		
Урал . . . . .	1,22	4,2	1,57	6,1	1,85	5,8	2,08	5,7	168,8		
Восточная Сибирь . . . . .	1,22	4,2	1,56	6,1	1,86	5,9	2,04	5,6	167,2		
Зап. Сибирь (Кузн. бассейн) . . . . .	0,77	2,6	1,69	6,6	2,42	7,6	2,63	7,3	341,6		
Подмосковный . . . . .	0,30	1,1	0,93	3,6	0,97	3,0	1,20	3,3	400,0		
Средняя Азия . . . . .	0,13	0,5	0,12	0,5	0,19	0,6	0,24	0,7	184,6		
Кавказ . . . . .	0,07	0,2	0,08	0,3	0,08	0,2	0,10	0,3	142,9		
Прочие . . . . .	0,09	0,3	—	—	—	—	—	—	—		
Итого . . . . .	29,09	100	25,53	100	31,99	100	36,13	100	124,2		

Как видно из этой таблицы, главную роль в К. п. СССР играет Донецкий бассейн, но по темпу своего роста он уступает всем другим районам. Ни на одном районе гражданская война и интервенция не отразились так тяжело: многие шахты были совершенно разрушены, оборудование было вывезено, рудеры горнорабочих резко сократились и т. д. Поэтому советской власти пришлось решать исключительно трудную задачу по технической и хозяйственной организации путем сосредоточения добычи на сравнительно небольшом числе наиболее выгодных производственных единиц, по восстановлению основного капитала и организации управления этого района. «История подъема хозяйства Донецкого бассейна представляет поистине одну из самых блестящих страниц нашего послеоктябрьского строительства» (Г. Кржижановский). Положительными особенностями Донецкого бассейна являются: развитая сеть ж. д., значит. запасы и выгодное залегание угля, а также крайне разнообразие сортов угля, из которых многие являются коксуемыми. В довоенный период на развитие этого района, начавшееся в середине прошлого столетия, обращалось главное внимание, при полном игнорировании других районов. Этому развитию содействовало проведение ж. д., являвшихся, с одной стороны, потребителями донецкого топлива, а с другой, — давших выход донецкому углю к Азовскому и Черному морям, в районы свеклосахарного производства и т. д. Громадную роль сыграла также южная металлургия. Потребителями донецкого угля являются ж. д., металлургия, з-ды, сахарные з-ды, парохозяйства Черного и Азовского морей, заводы механ. и газовые и др. Уменьшение удельного веса Донецкого бассейна шло за счет быстрого роста Подмосковного и Кузнецкого районов.

Кузнецкий район занимает в настоящее время второе место в К. п. Союза. Он является величайшим каменноугольным бассейном в мире и обладает углем чрезвычайно высокого качества (прекрасно коксуемый). Главная причина пока еще недостаточной эксплуатации этого бассейна — плохие пути сообщения. Соединение его с районами потребления угля значительно усилит его значение. Уже теперь уральские металлургии, з-ды частично работают на кузнецком коксе, и экономически это оправдывается. Так, при раскопании от Кемерово (Кузн. бассейн) до Нижне-Салдынского з-да на Урале в 1976 км

и при тарифе 13,8 коп. с 16 кг, кокс обходится приблизительно в 33 коп. за 16 кг, а на Надеждинском з-де, при расстоянии 2 205 км и при тарифе 15,25 коп.,— в 32—35 коп., т. е. немногим больше того, во что обходится кожным металлургич. заводам донецкий кокс. Громадное значение для Кузнецкого бассейна будет иметь постройка Телбесского з-да. Развертывание этого района осуществляется в предположении, что часть кузнецкого угля будет вывозиться в Приволжье, Московскую область и Ленинград.

Сравнительно малая роль Уральского района в добыче каменного угля при значительных его запасах объясняется свойствами уральского угля, в большинстве непригодного для коксования, конкуренцией древесного топлива благодаря обилию лесов и недостаточности путей сообщения.

Самый интенсивный рост обнаружила К. п. Подмосковного района: добыча в 1927/28 г. в 4 раза превысила добычу 1913 г. В период гражданской войны этот район долгое время был единственным районом, снабжавшим углем Советскую Россию, т. к. другие бассейны были отрезаны от центра. Для развития этого района имеет важное значение выгодное географич. расположение его в центре РСФСР, а также сравнительно легкие условия добычи угля. С целью устранения неблагоприятных свойств подмосковного угля, не выдерживающего длительных перевозок и хранения, применяется сжигание его в местах добычи на крупных электростанциях, передающих вырабатываемую энергию промышленным центрам (Москва, Тула, Брянск). По своему географич. положению подмосковный уголь может обслуживать гл. обр. Московскую область. Важнейшими потребителями его являются: районные электростанции, жел. дороги, проходящие через Подмосковный бассейн (Сызрано-Вяземская, Рязано-Уральская и Московско-Курская), и промышленность. Ж. д. потребляют крупные сорта угля в отличие от промышленности и прочих потребителей, берущих почти исключительно сорта О (орех), С (семячко) и МС (мелочь с семячком). Главнейшими промышленными потребителями подмосковного угля являются промышленность: по обработке минеральных веществ (цементные и силикатные з-ды), бумажно-полиграфическая, пищевая и металлургическая.

Довольно значительный рост обнаружила каменноугольная промышленность Восточной Сибири. Уголь в этом районе находится в разных местах. Особенно богатые месторождения высокосортного угля имеются на острове Сахалине. В остальных районах добываются главным образом низкосортные угли, имеющие местное значение, и удельный вес их в каменноугольной промышленности СССР незначителен.

Из общего количества добываемого угля часть его употребляется на собственные нужды каменноугольных предприятий и местного населения, часть идет для производства кокса, а остальная—наиболее значительная—идет на иное технико-промышленное потребление. Количество угля, которое отпускается на коксование, видно из следующих чисел (в тысячах т):

Районы	1926/27 г.	1927/28 г.
Донецкий бассейн . . . . .	848,4	872,6
Зап. Сибирь . . . . .	21,9	19,8
Урал . . . . .	—	1,9
Вост. Сибирь . . . . .	—	0,9
Подмосковный . . . . .	—	—
<b>Всего по СССР</b>	<b>870,3</b>	<b>894,7</b>

Крайне характерным и важным для К. п. СССР является уменьшение расхода топлива на собственные нужды каменноугольных предприятий: в 1923/24 году на эту цель расходовалось 15,3% всей валовой добычи, в 1924/25 году—13,2%, а в 1926/27 году—8,9%. Благодаря рационализации сжигания топлива, развитию электрификации и концентрации производства относительный расход угля для технико-промышленных целей должен сокращаться.

К. п. СССР имеет целый ряд не только количественных, но и качественных достижений в виде увеличения производительности труда, большей нагрузки шахт, большего использования низкосортного угля, организационных улучшений, механизации производства (в Донецком бассейне), рационализации паросилового хозяйства, улучшения жилищных условий и т. д. Изменение себестоимости угля в течение 1923—28 гг. дано в табл. 8, а количество рабочей силы, занятой в К. п. СССР, показано в табл. 9.

Табл. 8.—Относительная себестоимость угля за период 1923—28 гг.

Тресты	Годы				
	1923/24	1924/25	1925/26	1926/27	1927/28
Донуголь . . . . .	100	87,2	84,7	86,2	82,8
Кузбассуголь . . . . .	—	100	99,7	98,2	96,8
Кизилтрест . . . . .	—	100	93,8	113,0	113,5
Москвуголь . . . . .	100	87,2	81,8	89,5	84,7
Кизилтрест . . . . .	100	74,4	83,4	88,4	90,5
Черембартрест . . . . .	100	76,2	69,0	69,4	69,1
Средзауголь . . . . .	—	—	100,0	96,6	88,8

Табл. 9.—Число рабочих в К. п. на 1 октября 1928 г. (в тыс.).

Районы	Общее число рабочих	Число забойщиков в % к общему числу
Донецкий бассейн . . . . .	197,0	17,9
Зап. Сибирь (Кузн. басс.) . . . . .	13,6	20,6
Урал . . . . .	10	24,6
Вост. Сибирь . . . . .	6,7	26,0
Подмосковный бассейн . . . . .	6	19,0
<b>Всего по СССР . . . . .</b>	<b>233,4</b>	<b>18,6</b>

Лит.: Ден В. Е., Курс экономической географии, 2 изд., Л., 1925; Тимофеев П. Г., Экономическая география СССР, 5 изд., Л., 1928; Батугев М., Мирное восточное сырье, М.—Л., 1928; Гоффикиель В. С., СССР в системе мирового хозяйства, Москва, 1929; «Весь мир», Всемирно-политический, экономический и финансовый справочник, под ред. М. Г. Бронского, Н. Н. Деревенко, М.—Л., 1928; Каменноугольная промышленность. Пятилетние гипотезы по отраслям промышленности, под ред. Г. Л. Плитнова, сер. 1, кн. 13, Москва, 1926; Пятилетний план нар.-хоз. строительства СССР, М., 1929; Кржижановский Г. М., Десять лет хозяйственного строительства СССР, М., 1928; Грже: Reichwald A., Die Rohstoffwirtschaft d. Erde, Jena, 1928; «The Engineering a. Mining Journal», N. Y., Н. Деревенко.

**КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ГАЗ**, газообразный продукт сухой перегонки (пиролиза) каменного угля. В зависимости от конечной  $t^\circ$  этого процесса К. г. имеет различный состав. О методах получения и технической обработки К. г. см. Газовое производство, Коксование угля, Коксобензолное производство и Каменный уголь, с у х а я п е р е г о н к а. К. г. бесцветен, с характерн. запахом; плотность его колеблется в зависимости от условий получения в очень широких пределах — от 0,4 до 1,0 (за единицу принята плотность воздуха). Главными составными частями К. г. являются водород и метан,  $\text{CH}_4$ , содержание которых (п о о б ъ е м у) колеблется в зависимости от условий пиролиза в следующих пределах:  $21\div 55\%$   $\text{H}_2$ ,  $25\div 60\%$   $\text{CH}_4$ ; предельные и непредельные углеводороды,  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  присутствуют в К. г. в небольших количествах. Средний состав К. г., получаемого при процессе коксования, следующий:  $3\%$   $\text{CO}_2$ ,  $0,5\%$   $\text{O}_2$ ,  $2\%$  непредельных углеводородов,  $4\div 7\%$   $\text{CO}$ ,  $50\%$   $\text{H}_2$ ,  $25\%$   $\text{CH}_4$ ;  $12,5\%$   $\text{N}_2$ . Газ, полученный при низких температурах перегонки, отличается повышенным содержанием углеводородов за счет уменьшения количества свободного водорода. Приведенный выше состав К. г. выражен в объемных %; при расчете по весу для коксового газа получается такое соотношение составных частей:  $10,6\%$   $\text{CO}_2$ ,  $1,4\%$   $\text{O}_2$ ,  $5,0\%$  непредельных углеводородов,  $15,3\%$   $\text{CO}$ ,  $8,0\%$   $\text{H}_2$ ,  $32\%$   $\text{CH}_4$  и  $27,5\%$   $\text{N}_2$ . Хим. свойства К. г. целиком обуславливаются свойствами газов, его составляющих: частично последние являются весьма реакциспособными (непредельные углеводороды,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), но в большей своей части К. г. состоит из веществ инертных или мало активных. Теплота горения К. г. варьирует в зависимости от состава в пределах  $3\,500\div 10\,000$   $\text{Cal/m}^3$ .

Главным источником К. г. является коксовое производство, дающее в среднем ок.  $300\text{ м}^3$  газа на каждую т коксового угля. Использование К. г. ограничивается гл. обр. применением его в качестве источника тепловой энергии. К. г. всегда считался одним из лучших видов газообразного топлива, наряду с естественными газами. В промышленности главная масса К. г. сжигается для обогрева коксовых печей, потребляющих до  $50\%$  всего производимого ими газа. Наиболее целесообразным надо считать сжигание К. г. в промышленных печах специального назначения и в устройствах для коммунальных целей (нагревательных и осветительных). Коэф-ты стоимости тепловой продукции К. г. для различных целей в США, стоящих по производству и потреблению топлива на первом месте, приведены ниже в табл. Эта таблица дает представление о наиболее выгодных путях использования К. г. как топлива. Условия этого использования для СССР несколько иные, и соответствующие коэф-ты получаются ниже, но все же для коммунальных целей они поднимаются в среднем до 4. Применение К. г. для отопительных котельных (наиболее широко практикуемое в СССР) надо считать безусловно нецелесообразным. Утилизация К. г. в качестве сырья для химич. промышленности, имеющей в будущем широкие перспективы, ставит

Коэффициенты стоимости тепловой продукции К. г. в США.

Использование газа	1923 г.		1925 г.	
	цена $1\text{ м}^3$ в центах	коэф.	цена $1\text{ м}^3$ в центах	коэф.
В топках паровых котлов	0,38	1,00	0,38	1,00
В металлургич. печах	0,82	2,15	0,70	2,08
Для специальных промышленных целей	1,43	3,90	1,15	3,03
Для коммунальных целей	2,54	6,70	2,36	6,20

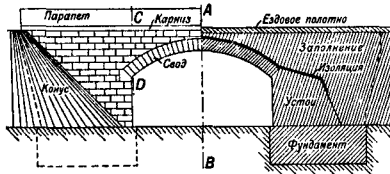
перед техникой проблему разделения его на отдельные компоненты, что м. б. достигнуто физич. или же химич. методами (основным методом пока является первый). Применение сильного охлаждения (см. Соединение газов) удается разделить вещества К. г. на две группы: 1)  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{N}_2$  и 2) углеводороды (кроме метана). Разделение  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  осуществляется труднее;  $\text{CO}_2$  легко удаляется путем промывки водой и щелочью. Из всех составных частей К. г. промышленность полностью использует  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{N}_2$ , которые идут для синтеза метанола и аммиака (см. Катализ в т е х н и к е). Метан К. г. пока используется как топливо, хотя в последнее время намечаются пути технич. превращения его в ацетилен, к-рый может служить сырьем для получения ряда важных продуктов (винный спирт, уксусная к-та). Остальные углеводороды К. г. получаемые при выделении  $\text{H}_2$ , м. б. последующей фракционной перегонкой разделены на фракции, содержащие 2, 3 и 4 углеродных атома. Наиболее важным из них (в качественном и количественном отношениях) является этилен, содержащийся в К. г. в количестве около  $1,5\%$  (объемных) или  $3,5\div 4\%$  (весовых), из к-рого м. б. получены самые разнообразные органич. продукты (см. Этилен). Приведенные примеры с достаточной ясностью говорят о значении, к-рое приобретает К. г. как химич. сырье. И. Караванов.

**КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ДЕГОТЬ**, см. Коксобензолное производство.

**КАМЕННЫЕ МОСТЫ**, возводимые гл. обр. из камня, по сравнению с конструкциями из металла и железобетона обладают нек-рыми преимуществами, к числу к-рых относятся: монументальность сооружения, обеспеченная, доказанная опытом долговечность, при почти полном отсутствии расходов по содержанию, и красота форм. Железнодорожные К. м. кроме того дают следующие выгоды: 1) путь получается непрерывно однообразным и спокойным, вследствие того что он уложен на балласте и обыкновенных шпалах; 2) место моста не зависит от профиля и плана пути, тогда как для металлич. мостов существуют на этот счет ограничения, стесняющие трассировку ж.-д. пути; 3) расход на возобновление моста почти равен нулю — не только по причине стойкости матернала, но также и вследствие малой чувствительности моста к возрастанию веса подвижного состава. Последнее обстоятельство является у нас главной причиной перестройки ж.-д.

мостов. При массовом возобновлении мостов по указанной причине на швейцарских ж. д. железные мосты заменялись во всех случаях каменными, где это только позволяла конструктивная высота; в результате общая длина К. м. составляет в настоящее время ок. 80% всей длины мостов, причем на некоторых линиях (Albulabahn) осталось только 3% железных мостов.

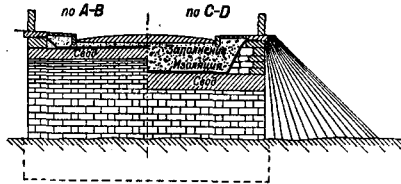
В отношении стоимости К. м. малых пролетов (до 10—12 м), на основании сравнения, произведенного Г. П. Передерием для Сев.-Кавказских и Восточно-Китайской ж. д., дешевле железные; разница в пользу К. м. тем значительнее, чем меньше высота насыпи



Фиг. 1.

и меньше отверстие. При пролетах выше 10—12 м железные мосты несколько дешевле, но не на столько, чтобы предпочесть их каменным, игнорируя их технич. недостатки. Если для сравнения взять железные мосты с балластным корытом, то первоначальная стоимость тех и других мостов получается почти одинаковой; капитализируя же ремонт и смену, получим преимущество на стороне К. м. Тем не менее решающее значение должна иметь не стоимость, а технич.ские свойства моста.

Конструкция. Пролетным строением К. м. является свод с радиальными пятами; свод своими пятями опирается на устои, или быки (см. фиг. 1 и 2). Для поддержания ездового полотна необходимо устройство надсводного строения, состоящего из заполнения в виде толстого бетона, а всего чаще из засыпки гравелистым песком. С боков заполнение поддерживается щелевыми стенками,



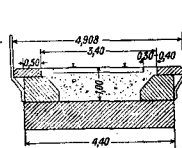
Фиг. 2.

переходящими в устоях в обратные стенки; последних может и не быть в тех случаях, когда откосы насыпи подпираются откосными крыльями. Для предохранения свода от просачивающейся через полотно дождевой воды его покрывают водонепроницаемыми материалами—просмоленным джутовым полотном, рубероидом, асфальтом, а в акведуках—цинковыми листами.

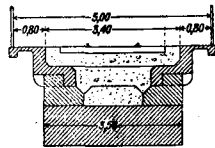
Очертания моста. Боковые очертания моста (по фасаду) определяются длиной

устоя, назначаемой таким образом, чтобы вдоль его обратных стенок поместились конус, к-рым кончается насыпь; длина устоя следовательно зависит от заложения образующей конуса. При насыпях высотой до 6—7 м этот уклон дается 1 : 1, а при насыпях выше 6—7 м нижняя часть конуса делается более полой. Кроме того сверху и внизу выдвигают устой за края конуса на величину 0,25—0,50 м (в акведуках и мостах-каналах—до 1,00 м). Для сбережения кладки следует хвост обрати. Стенки делать вертикальным на 1—1,5 м сверху и далее вести его с уклоном в  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{12}$  в сторону моста. Верхнее очертание моста определяется продольным профилем полотна. Отмечае затем высоту балластного слоя или мостовой, легко получить верхний предел для наружной поверхности свода.

Профиль пути в мостах под железную дорогу—обычно горизонтальная или наклонная прямая. Толщина балласта, считая от ключа свода до подошвы рельса, не должна быть менее 1,2 м, что необходимо для смягчения действия динамической нагрузки на свод и возможно более равномерной передачи ее. На каменных мостах под обыкновенную дорогу, при случаем заполнении пауз, мостовые делаются булыжными, щебеночными и брусчатыми; торцовые и асфальтовые мостовые требуют бетонного основания, а следовательно и такого же заполнения. Толщина мостовых пересеченных типов колеблется в пределах от 0,25 до 0,5 м. Поверхности моста под обыкновенную дорогу для



Фиг. 3.



Фиг. 4.

отвода дождевой воды придают продольные и поперечные уклоны; последние берут от 1 до 2% в зависимости от рода мостового полотна; продольный уклон в коротких мостах часто не делается, вода же стекает по желобу, к-рому дается уклон от  $\frac{1}{200}$  до  $\frac{1}{400}$ , и отводится трубами.

Нижнее очертание моста зависит от основания опор, выбор к-рого всецело определяется напластованием грунтов и той глубиной воды при меженном горизонте, при к-рой придется производить работы по заложению оснований. В простейших случаях, при сооружении мостов на суходолах или неглубоких речках, глубина заложения фундаментов от поверхности земли составляет 2—3 м; другие основания (бездонные ящики, колодцы, кессоны) опускаются на требуемую глубину в зависимости от качества грунта и от получающихся в подошве напряжений на грунт.

Ширина моста, измеряемая между перилами, определяется для ж.-д. пути габаритом приближения строений и для мостов под обыкновенную дорогу—размерами стандартных габаритов проезда (см. Мосты).



Ширина свода назначается несколько меньше ширины моста вследствие выпуска карнизов, на к-рых можно установить перилы или парапет, причем перильные стойки можно также помещать и за карнизными камнями (фиг. 3). Постановка парапета помимо

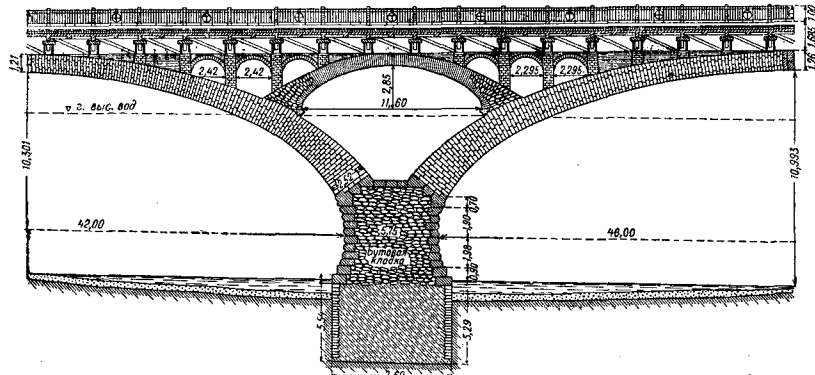


Фиг. 5.

ухудшени внешнего вида моста требует добавочного его упрочнения, а следовательно и увеличения стоимости. Для уменьшения ширины свода применяется конструкция железобетонного ящика со свешивающимися боками (фиг. 4). Несколько новейших К. м. построено с разделением свода на две отдель-

но—1,44 м, в пятах—2,16 м. Каждый свод имеет на берегах отдельные фундаменты. Последним словом в этом направлении является мост через реку Лот в Вильнев (Villeneuve), который построен на бетоне в 1914—21 гг. Длина пролета—96,25 м при стреле 15,4 м (1 : 6,3), ширина арки—3,0 м, т. е. 1 : 32 пролета, что представляется совершенно исключительным явлением, объясняемым способом производства

работ. Отношение длины к ширине поперечного сечения свода таково, что арка, рассматриваемая как сжатый стержень, подлежит проверке на продольный изгиб. В этих условиях требуется весьма точное размещение оси свода. Строитель моста инж. Фрейсине предложил способ выравнивания положения оси свода затонными в замке гидравлич. домкратами, при помощи которых можно парализовать возникающиеся уклоны, когда свод еще не совсем снят с кружал.



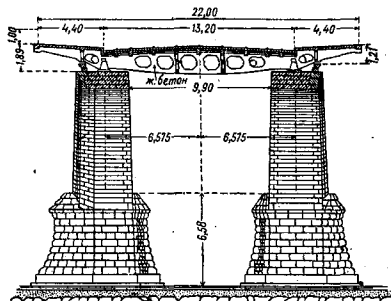
Фиг. 6.

ные арки, поставленные по краям, вследствие чего действительная ширина свода может быть сокращена в два раза и более.

На фиг. 5—7 представлен мост des Amidonniers в Тулузе, законченный постройкой в 1910 году. Мост имеет 5 пролетов от 38,5 до 46,0 м, со сводами, очерченными во впадине, при подъеме от 1 : 4,17 до 1 : 4,08; над быками для увеличения отверстия моста в высокую воду и для красоты сделаны проветры, перекрытые сводками с пролетами в 10,1 и 11,6 м. Основания быков заложены в несжимаемом водонепроницаемом туфе, местами прикрытом наносами, с помощью перемычек, которые устроены затопляемыми высокими водами Гаронны. Полотно моста, шириной 22 м, поддерживается двумя сводами по 3,25 м с пролетом между ними в 10,0 м. Толщина сводов в замке—1,26, 1,21 и 1,18 м, в пятах—2,59, 2,52 и 2,42 м. Соответственно двум полосам свода быки состоят из двух совершенно отдельных частей; туф в промежутке между ними прикрыт роствергом из каменной кладки с защитными поперечными стенами. Для поддержания полотна моста поставлены поперечные железобетонные балки (в виде безраскосных ферм) через каждые 3 м; балки опираются на своды по их продольной оси и имеют т. о. пролет в 13,15 м. Тропуары расположены на свесах длиной 4,72 м; свесы усилены на сжатие спиральной арматурой. На плите толщиной 12 см, покрытой несколькими слоями смолы, положен слой бетона в 5 см, слой смазки в 1 см и деревянная мостовая. По сравнению с мостом со сплошными сводами на всю ширину моста этот мост дешевле на 30%.

Такого же типа К. м.—мост Альюффа в Люксембурге—имеет пролет в 84,6 м. Ширина каждого из сводов близцев в замке—5,34 м; в пятах она увеличивается, так как боковые грани свода находятся в наклонных плоскостях с уклоном в 1 : 40. Толщина свода в зам-

По соображениям устойчивости Сежурне (Sejourne) брал ширину отдельной каменной арки не меньше  $\frac{1}{14}$  пролета; по техническим условиям, при пролетах до 100 м ширина свода не д. б. менее  $\frac{1}{15}$  пролета, если она



Фиг. 7.

сохраняется по всему пролету. При уширении свода к опорам до  $\frac{1}{10}$  пролета, ширина в замке не д. б. менее  $\frac{1}{20}$  пролета.

Положение пят свода определяется чаще всего условиями возвышения пят

над горизонтом выс. вод (см. *Мосты*), хотя своды, сложенные на портланд-цементе, могут смачиваться без вреда для прочности. Правильнее было бы ограничивать наибольшее понижение пят свода горизонтом ледохода или судоходным горизонтом. При расположении пят свода ниже горизонта ледохода, в целях уменьшения ударного действия плывущих тел или льда, применяют так называемые «коровьи рога» (фиг. 8) независимо от устройства ледореза.



Фиг. 8.

Общее очертание главнейших масс сооружения влияет на назначение величины пологости, т. е. определяет положение пят. По художественным соображениям желательно иметь большую пологость арки, отчетливо отделяющейся от опор. Нужно иметь в виду однако, что пологость арок обуславливает значительное напряжения материала и кроме того повышает стоимость опор, но при этом уменьшается длина свода и объем кладки в нем. Наименьшая стрела м. б. принята в  $\frac{1}{12}$  пролета, хотя существуют мосты (напр. де Nemours), имеющие стрелу в  $\frac{1}{15}$  и даже  $\frac{1}{17}$  пролета. В общем, в особенности при высоких быках (в виадуках), следует стремиться к возможно низкому положению пят, причем в крутых сводах следует действительные пяты назначать несколько выше видимых; верхняя часть быка в таких случаях будет ограничена кривыми поверхностями. Положение пят не м. б. установлено независимо от соображений о форме устоя и сопряжения его с берегом. При сооружении многопролетных мостов на уклонах, желательно удерживать пяты на всех опорах на одном уровне. Это может быть достигнуто, если стрелы будут относиться, как квадраты пролетов, ибо только в этом случае распоры от постоянной нагрузки на быках уравновесятся.

Толщина свода задается по различным эмпирич. ф-лам, лучшей из к-рых является ф-ла Сежурне:

$$d = a(1 + \sqrt{l}) \mu,$$

где  $d$ —толщина свода в замке,  $l$ —расчетный пролет свода,  $a$ —коэф., назначаемый в зависимости от рода пути,  $\mu$ —коэф., учитывающий пологость свода; для полуциркулярного очертания  $\mu = 1$ , для кругового пологого  $\mu = \frac{4}{3} \left[ 1 - \frac{l}{l} + \left( \frac{l}{l} \right)^2 \right]$ , для эллиптического  $\mu = \frac{4}{3+2\frac{l}{f}}$ , где  $f$ —стрела свода. Коэф.  $a$  для

мостов под обыкновенную дорогу колеблется в пределах от 0,12 до 0,18 и для мостов под ж. д.—от 0,15 до 0,21. Толщина свода от замка к пяте может оставаться постоянной при пролетах до 15 м, т. к. в малых пролетах прочность свода не м. б. полностью использована при наименьшей толщине свода, которая допускается конструктивными соображениями. При пролетах свыше 15 м толщина свода к пяте увеличивается таким образом, что вертикальная проекция толщины свода в каком-нибудь сечении его равна толщине в замке:  $d_0 = \frac{d}{\cos \varphi}$ , где  $d$ —толщина в замке,  $d_0$ —толщина в пяте. Можно реко-

мендовать изменение толщины от замка к пяте по параболическому закону:

$$d_1 = d + (d_0 - d) \frac{s^2}{S^2},$$

где  $s$ —длина дуги по оси свода от замка до рассматриваемого сечения и  $S$ —длина дуги по оси свода от замка до пяты.

О чертании еси свода, т. е. линии центров тяжести радиальных сечений свода, в зависимости от требований прочности и устойчивости при наименьшем расходе материала выбирается по кривой давления, построенной для постоянной нагрузки в предположении, что свод снабжен тремя шарнирами; при проверке предварительно заданного очертания свода отклонением до  $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{20}$  толщины свода можно пренебречь, т. к. действительное совпадение кривой давления с осью свода невозможно из-за неизбежных упругих деформаций. При значительной временной нагрузке (напр. в ж.-д. мостах) следует пользоваться предложением Толмита придавать кривой оси свода очертание по кривой давления при загрузке всего свода нагрузкой  $g + \frac{p}{2}$ , т. е. постоянной и полойвиной временной. При выборе очертания по кривой давления нужно иметь в виду следующее обстоятельство, указанное проф. Тимошенко. Если ось свода очертить выше кривой давления в предположении 3 шарниров, то действительная кривая давления бесшарнирного свода поднимается выше, чем при совпадении оси с кривой давления трехшарнирного свода. Этим путем можно за счет увеличения эксцентриситета в замке уменьшить эксцентриситет в пятах и устранить растягивающие напряжения в пятах, если они были, или уменьшить их. Сначала очертание свода можно назначить по параболе, а для пологих сводов—и по дуге круга; при неудовлетворительных результатах проверки вычерчивают коробовую кривую, возможно более близко проходящую к полученной кривой давления. Для сводов больших пролетов рациональное очертание оси м. б. задано уравнением кривой, очень мало отличающейся от цепной линии (см. *Своды, Катеноид*). Преимущества, которыми обладают функциональные кривые, в том числе и катеноид, заключаются в непрерывном изменении их кривизны, чего нет в случае коробовой кривой. Катеноид проще строить не по уравнению Легея, а приближенно, по Сежурне, который дает уравнение:

$$y = \frac{b(n^2 - a^2)}{a^3} \cdot \frac{x^2}{n^2 - x^2};$$

$n$  определяется по условию, чтобы кривая проходила через какую-нибудь промежуточную точку  $M(x_1, y_1)$ .

$$n^2 = \frac{a^2 x_1^2 (b - y_1)}{b x_1^2 - a^2 y_1};$$

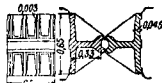
где  $a$ —полупролет и  $b$ —стрела. Франц инженеры часто очерчивают своды по внутренней кривой, а ось получают, откладывая от нее по радиусам половину толщины свода.

Напряжения от изменения  $l^0$  в бесшарнирн. пологих и больших сводах достигают большой величины, почему исследование влияния колебаний  $l^0$  д. б. произведено обязательно. С целью уменьшения  $l^0$ -ных напряжений в своде необходимо производить

замыкание его при возможно низкой  $l^2$ . Для устранения влияния колебания  $l^2$  на напряжения в сводах (в особенности в пологих) применяются шарниры в пятах и замке.

Идея применения шарниров к Ж. м. принадлежит франц. инженеру Дюпой (Dupuit, 1870 г.), предложившему переместить давления в центр шва при помощи устройства, к-рое заключается в скашивании шва со стороны внутреннего очертания свода с закрутлением точки перелома шва. Таким путем получается обязательная для кривой давления точка, к-рую можно расположить, как угодно, а следовательно становится возможным бороться с часто замечаемым при раскружливании явлением раздробления кромок камней в швах перелома, когда кривая давления перемещается к внутреннему очертанию свода. Помимо этих выгод от установок в сводах трех шарниров, имеются и еще некоторые: простота расчета и устранение трещин в пятах и в замке свода от осадки при раскружливании или сдаче устоев. Шарниры в своде м. б. применены постоянного устройства и временные, при постройке и раскружливании. Простейшим типом временного шарнира является узкая свинцовая

$r$ —радиус направляющей окружности цилиндрич. поверхности,  $a = \frac{1}{E}$  (где  $E$ —коэф-т упругости),  $\sigma$ —напряжение материала в месте касания и  $m$ —Пуассоново число. Допускаемые напряжения в шарнирах из свинца с примесью сурьмы назначаются не более двойного допускаемого напряжения для кладки свода и во всяком случае не более 120 кг/см<sup>2</sup>. Для гранитных и бетонных шарниров



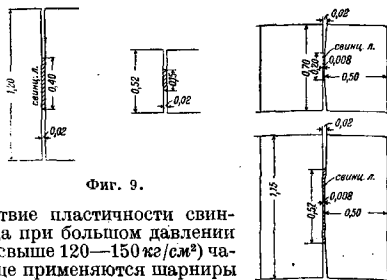
Фиг. 10.

допускаемые напряжения устанавливаются на основании лабораторных испытаний, причем для предварительного задания можно принимать: для гранитных шарниров—не выше 300 кг/см<sup>2</sup> при  $E = 300\,000$  кг/см<sup>2</sup>, а для бетонных—не выше 150 кг/см<sup>2</sup> при составе бетона 1 : 2 : 2 и  $E = 210\,000$  кг/см<sup>2</sup>. Для определения напряжения в металлических шарнирах, балансирах и подушках пользуются формулой Герца и нормами для расчета опорных частей металлических мостов. В табл. 1 приведены данные о некоторых мостах с шарнирами.

Табл. 1.—Данные о мостах с шарнирами.

Наименование моста	Дорога	Пролет по шарнирам в м	Пологость	Толщина свода в м		Тип шарнира и давление в нем в кг/см <sup>2</sup>
				в замке	в пятах	
Marbach . . . . .	Обычн. д.	32	1 : 10,3	1,2	1,5	Врем. свинц. пластинка, 55
Garching . . . . .	Ж. д.	39,5	1 : 5,3	1,1	1,75	Пост. свинц. пластинка, 80
Böhren . . . . .	Обычн. д.	60,6	1 : 8,9	1,1	1,2	Катучий, гранит, 3 850 кг на 1 см длины шарнира
Sauvage . . . . .	» »	34	1 : 8,3	0,7	0,8	Катучий, бетон, 1 500
Gravenecq . . . . .	» »	49,4	1 : 6,2	0,6	0,75	Катучий, железобетон, 1 680
Morbegno . . . . .	Ж. д.	66	1 : 7	1,5	2,2	Стальной, на жел. короб, 6 000 кг на 1 см длины

прокладка (фиг. 9); по раскружливании и устройстве надсводных частей моста шарнирные швы заделываются раствором. Вслед-



Фиг. 9.

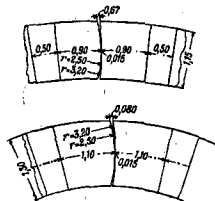
ствие пластичности свинца при большом давлении (свыше 120—150 кг/см<sup>2</sup>) чаще применяются шарниры чугунные (фиг. 10) и стальные. Для сводов небольших пролетов иногда ставят шарниры из камней, соприкасающихся по цилиндрич. поверхностям разных радиусов. На фиг. 11 показана конструкция шарниров, состоящая частью из искусственных (бетонных) камней, частью из естественных (песчаника). Гранитные шарниры рассчитываются по ф-ле Герца

$$P = \sigma_{\max} \cdot 2\lambda \left(1 - \frac{1}{m}\right) lr,$$

где  $P$ —полное давление одного камня на другой,  $l$ —длина цилиндрич. поверхности.

На основании данных о существующих мостах можно прийти к заключению, что для мостов под обыкновенную дорогу толщина сводов с тремя шарнирами на 10—15% меньше, чем для сводов без шарниров.

Разбивка на пролеты. Наметив на профиле перехода через реку верхнюю границу полотна моста, задав при этом подходящие продольные уклоны, а также вычертив горизонты воды, ледохода и судоводные габариты, ставят вопросы о разбивке отверстия моста на пролеты, о величине пролетов, о положении быков и пр. Чтобы намеченная величина пролета м. б. осуществлена, необходимо располагать достаточной высотой моста для задания соответственной стрелы свода. Положение замка определяется уровнем полотна моста; если нужно, полотно моста приподнимают над берегами, иногда на очень большую высоту. К судоводному пролету можно поднять полотно, придавая ему продольный уклон. Положение пят намечается сообразно местным условиям. В стремлении получить более подъемистый свод возможно



Фиг. 11.

опустить пяты в высокую воду, но не ниже горизонта сплошного ледохода. У многих европейских мостов пяты погружены в высокую воду на 3—4 м.

Выделив сухоходные пролеты, остальные пролеты назначают свободно, подчиняя их величину прежде всего эстетич. соображениям, затем соображениям технич. целесообразности и наконец соображениям стоимости. В художественном отношении три и пять пролетов, по симметрии и по положению среднего пролета над серединой реки, дают

те пролет тоже можно уменьшить. Отступление от указанного условия не только возможно, но и необходимо как в силу соображений о местных условиях, так и в силу переменной стоимости быков, толщина к-рых должна изменяться с изменением пролета свода. Выбор окончательного решения зависит от результатов сравнительного подсчета стоимости сооружений по вариантам, от субъективных стремлений строителя, от его вкуса и пр. Данные для наиболее замечательных К. м. приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Данные для наиболее замечательных каменных мостов.

Наименование моста	Род дороги	Длина пролета в м	Пологость	Толщина свода в м		Род кладки
				в ключе	в пяте	
Boucicaud . . . . .	Общн. д.	40×5	1 : 8	1,05	1,24	Окол. известняк
Avignon . . . . .	»	40×10	1 : 8	1,05	1,24	» »
Castelet . . . . .	Ж.	41,2	1 : 2,9	1,25	2,25	» гранит
Orléans . . . . .	Гор.	44,7	1 : 7,8	1,25	1,46	» известняк
Antioch . . . . .	Ж.	50	1 : 3,15	1,50	2,25	» гранит
Amidonniers . . . . .	Гор.	46—42	1 : 4,2	1,25	2,59	» известняк
Lavaur . . . . .	Ж.	61,5	1 : 2,2	1,65	2,81	» »
Jarencze . . . . .	»	65	1 : 3,6	2,10	3,10	Тесан. песчаник
Montanges . . . . .	Общн. д.	80,3	1 : 3,9	1,50	2,50	Окол. известняк
Salcano . . . . .	Ж.	85	1 : 3,9	2,10	3,50	Тесан. известняк
Luxembourg . . . . .	Гор.	84,7	1 : 2,7	1,44	2,16	Окол. песчаник
Plauen . . . . .	»	90	1 : 5	1,50	2*	Сланец
Villeuve . . . . .	»	96,3	1 : 6,2	1,45	2,00	Бетон

\* В раменах.

более благоприятную картину, чем два или четыре пролета; особенно неблагоприятно деление на два пролета. При большем числе пролетов разница между четным и нечетным числом мало заметна для глаза. Горизонтальность полотна в мостах под обыкновенную дорогу дает очень красивый силуэт моста, но она редко осуществима по местным условиям.

В технич. отношении может возникнуть вопрос об уравновешивании распоров от постоянной нагрузки на каждом быке, когда к нему примыкают неодинаковые своды. Выбирая по произволу пролеты, можно удерживать распор без изменения, меняя соответственно стрелу или нагрузку или то и другое. Можно располагать пяты с меньшим распором на большой высоте от обреза фундамента, чтобы кривая давления в быке в ответственных сечениях проходила удовлетворительно. Наконец возможно допустить и неравенство распоров, что вызовет утолщение быка и одностороннее уширение фундамента, для того чтобы давление от постоянной нагрузки на грунт получил равномерный.

Обычно отверстие длинных, низких мостов разбивается на равные пролеты при горизонтальном положении полотна, или на мало разнящиеся—в мостах с уклонами, чтобы уменьшением пролета соответственно уменьшению стрелы удержать распоры одинаковыми. В экономич. отношении правило наилучшего деления моста на пролеты требует, чтобы стоимость одного быка равнялась стоимости пролетного строения (без проезжей части). Чем основание опоры дороже, чем выше она и чем больший имеет объем и количество облицовки, тем больше д. б. пролет. Затем, чем дороже кладка свода, тем меньше д. б. пролет; с уменьшением стоимости основания опор при хорошем грун-

нагрузки и напряжения. Согласно технич. условиям проектирования и сооружения каменных ж.-д. мостов, при расчете сводов пролетом до 25 м подвижная нагрузка вводится в расчет с динамич. коэффициентом 1,2—1,3 при сквозном надсводном заполнении и 1,1—1,2 при забутке или засыпке толщиной в 1,2 м и менее; при большей толщине засыпки, а равно и для всех сводов пролетом свыше 25 м динамический коэффициент принимается равным 1.

Напряжения от временной нагрузки для сводов пролетом свыше 15 м определяются для двух случаев нагрузки свода: загрузки всего пролета с расположением наиболее тяжелых грузов близ середины пролета и загрузки полупролета с расположением тяжелых грузов близ четверти пролета, причем временную нагрузку разрешается заменять сплошной, равномерно распределенной. Напряжения в сводах пролетом свыше 25 м и со стрелой подъема меньше 1/4, во всех сводах пролетом свыше 40 м независимо от величины стрелы подъема, а также во всех сводах с высотой засыпки над ключом менее 1,20 м, пролетом свыше 15 м независимо от стрелы подъема, определяются при введении в расчет подвижной нагрузки в виде системы сосредоточенных грузов. При надсводном строении с поперечными пустотами давление, передаваемое опорами надсводной эстакады, м. б. принято как в виде сосредоточенных грузов, расположенных по осям опор, так и равномерно распределенным на половину расстояния между осями опор в обе стороны. При расчете опор железнодорожного моста учитывается сила торможения, приравняваемая 1/10 веса части поезда на прилегающем к опоре пролете; тормозная сила считается приложенной на высоте 2 м над головкой рельса.

Напряжения от действия ветра определяются лишь для сводов пролетом более 30 м и только в узких однопутных ж.-д. мостах. Напряжения от действия ветра разрешается определять для пятового сечения приближенным способом как сумму напряжений, определенных для двух случаев: а) для горизонтальной балки с заделанными концами, пролетом, равным длине развернутой оси свода, равномерно нагруженной давлением ветра в  $150 \text{ кг/м}^2$  на весь пролет; б) для вертикальной балки, заделанной нижним концом, пролетом, равным вертикальной проекции полусвода, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой от давления ветра на половину пролетного строения и сосредоточенной силой на свободном конце от действия ветра на половину подвижной нагрузки, причем давление ветра равно  $250 \text{ кг/м}^2$ .

Влияние  $t^\circ$  д. б. обязательно учитываемо для каменных и бетонных сводов пролетом в 15 м и более, а в бетонных сводах сверх этого должны определяться и напряжения, зависящие от усадки свода. Расчетная разность  $t^\circ$  свода определяется в зависимости от материала и размеров свода, климата местности и  $t^\circ$  замыкания свода, принимаемой в пределах  $5-15^\circ$ , от к-рой и отсчитываются полные расчетные разности температуры. При определении напряжений от колебания тем-ры можно принимать: модуль упругости каменной кладки равным  $60\,000 \text{ кг/см}^2$ , кирпичной кладки— $28\,000 \text{ кг/см}^2$ , бетона— $140\,000 \text{ кг/см}^2$ ; коэф. линейного расширения для каменной кладки— $0,000008$ , а для бетона— $0,000013$ . Влияние усадки бетона приравнивается добавочному понижению  $t^\circ$  на  $10-15^\circ$ , в зависимости от условий бетонирования. По данным Фрейссине (Freyssinet), коэф. линейного сокращения бетона колеблется в зависимости от пропорции цемента след. обр.: при 350 кг цемента на  $1 \text{ м}^3$  бетона— $0,0003-0,0006$ , при 400 кг— $0,0005-0,0007$  и при 450 кг— $0,0006-0,0008$ . Для сводов пролетом больше 25 м, расположенных на кривой, следует ввести в расчет действие на свод и быки центробежной силы, напряжения от к-рой определяются для пятового сечения по тому же способу, как и напряжения от действия ветра.

Допускаемые напряжения. Для каменных мостов из естественных камней употребляют гранит, песчаник и известняк; из искусственных—бетон и реже бетонные камни и кирпич. Временное сопротивление сжатию различных камней колеблется в широких пределах; русских гранитов—от 600 до  $2\,000 \text{ кг/см}^2$  (в лаборатории *École des ponts et chaussées* для порфиров и базальтов получены числа до  $2\,800 \text{ кг/см}^2$ ); известняков и песчаников—от 300 до  $1\,500 \text{ кг/см}^2$  (последний предел соответствует алексинским известнякам). Значительно ниже временное сопротивление раствора раздроблению: при составе 1 : 2 до 1 : 3 оно примерно выражается следующими цифрами (после 28 дней): для порландского цемента  $180-300 \text{ кг/см}^2$ , для высокоортного цемента  $400 \text{ кг/см}^2$  и выше. Сопротивление раздроблению кладки зависит от прочности камня и раствора, величины и правильности формы камней и толщины швов. В общем сопротивление

кладки ниже сопротивления камня, но выше сопротивления раствора. Наибольшее сопротивление дает кладка из штучных камней с правильными гранями.

Допускаемые напряжения для сводов и опор на сжатие при изгибе, согласно технич. условиям на каменные ж.-д. мосты, для кладки из штучных камней полустойкой тески на растворе 1 : 3 не должны превосходить  $65-80 \text{ кг/см}^2$  (в зависимости от временного сопротивления камня от 800 до  $1\,000 \text{ кг/см}^2$ ), для кладки из грубо околотых камней в пра-



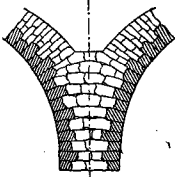
Фиг. 12.

вильную форму— $50 \text{ кг/см}^2$ , для кладки из постелистого буттового камня— $25-35 \text{ кг/см}^2$ , для кладки из обыкновенного буттового камня и для кирпичной кладки на растворе не ниже 1 : 4— $15 \text{ кг/см}^2$ . Для бетона допускаемое напряжение сжатию принимается в  $\frac{1}{2}$  временного сопротивления, а именно: для бетона состава  $1:4\frac{1}{2}$ — $40 \text{ кг/см}^2$ .

Сопротивление раствора на разрыв составляет в среднем от 15 до  $20 \text{ кг/см}^2$  при составе 1 : 2 и 1 : 2,5 и при возрасте 1— $1\frac{1}{2}$  месяца; для временного сопротивления сцепление раствора с камнями можно принять для буттовой кладки в среднем  $8,5 \text{ кг/см}^2$  для кирпичной кладки— $6 \text{ кг/см}^2$ , а для бетона— $5 \text{ кг/см}^2$ ; при расчете на срезывание допускается для каменной кладки  $2 \text{ кг/см}^2$  и для бетона— $4 \text{ кг/см}^2$ . Допускаемые напряжения для кружал—см. Железобетонные мосты.

Кладка свода чаще всего производится из постелистого буттового камня. Для сводов сравнительно небольших пролетов допустима некая разница в кладке тела свода и облицовки; в серьезных случаях толщина облицовки и камней тела свода д. б. одинакова; чем больше пролет и меньше стрела, тем однородность кладки свода д. б. строже проведена. В большинстве случаев при устройстве перевязки швов в кладке свода эта перевязка достигается рядами: камни одного ряда кладут вдоль образующей свода одной высоты, следующего ряда—тоже одной высоты, большей или меньшей; свод при кладке первых колец получает вид зубчатого колеса. В продольном разрезе кладка свода устраивается, как показано на фиг. 12 и 13.

Для пологих сводов с круто расположенными пятами, которые производят значительное давление на часть кладки, зажатую между пятами, очень целесообразно вертикальное расположение рядов в зажатой части. При сопряжении пят двух круто



Фиг. 13.

спускающихся сводов ряды д. б. нормальны давлением на кладку; облицовка по криволинейной части быка располагается радиально и продолжает облицовку свода внутри пролета.

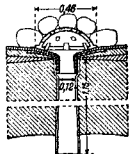
Производство кладки свода. Различные приемы, применяемые при кладке сводов, имеют в виду обезопасить свод от трещин вследствие осадки кружал, неизбежной несмотря на все принимаемые при их постройке предосторожности, а также уменьшить движение и самую нагрузку кружал разумным распределением производимой кладки по очертанию свода. Уменьшение нагрузки на кружала достигается кладкой свода концентрич. кольцами. При таком способе кладки кружала нагружаются лишь половиной или третьей частью веса всего свода, соответственно весу первого кольца. Следующие кольца поддерживаются уже сомкнутым предыдущим кольцом; этим можно воспользоваться для уменьшения осадки кружал, если они сконструированы для поддержания веса всего свода, но чаще этим пользуются для удешевления кружал, придавая им размеры соответственно уменьшенной нагрузке,—в таком случае появление трещин возможно только в первом кольце. Рациональной мерой предосторожности является устройство пустых швов во время производства кладки свода. Пустые швы оставляют в местах, где можно ожидать появления трещин в своде при осадке кружал, а именно: в пятах, в швах перелома и, для сводов больших пролетов, в швах, лежащих над опорными точками косынок, т. е. над вершинами подкосов. Что касается способов удержания камней на расстоянии толщины швов, то чаще всего в швах по внутреннему очертанию свода прокладывают деревянную планку высотой ок. 2 см, к-рую потом извлекают, после чего шов расширяется; над планкой кладут свинцовую полосу, шириной ок. 4 см, к-рая остается в кладке. Вверху камней, где зазоры имеют менее однообразную ширину, камни удерживаются деревянными клиньями или прокладками.

Заделка пустых швов производится путем втрамбовывания почти сухого цементного раствора. Способ этот впервые был применен инж. Сежурне в 1884 г. при постройке мостов Castelet, Lavaur и Antoinette; на 50 кг цемента и 77 л песка он брал 10—11 л воды при сухом песке и 9 л при сыром песке. Таким приемом имелось в виду создать при замыкании свода напряжения в нем; последние напряжения означают уже работу свода как такового и сопровождается уменьшением давления на кружала. По лабораторным опытам инж. Турте (Tourtau), можно вызвать давление в шве до 15 кг/см<sup>2</sup>. Наконец оставление пустых швов с заклиниванием свода сразу в нескольких местах посредством трамбования устраняет трещины от осадки свода во время раскружаливания и после этой операции, т. к. здесь остаются возможными лишь уругие деформации свода в уменьшенном размере.

Для равномерного распределения нагрузки на кружала по всему пролету необходимо производить кладку свода частками. Каждый участок кладется независимо от дру-

гих, но одновременно. Если участок проходит непрерывно над жесткими точками кружал, то в нем оставляют над этими точками пустые швы. Для поддержания кладки при ведении ее сегментами в подъемистых сводах применяются подпорные деревянные стеночки, укрепленные подкосами на косынках; в пологих сводах кладка, в зависимости от угла наклона, может держаться на опалубке одним лишь трением.

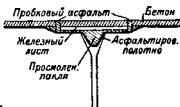
Изоляция д. б. положена или непосредственно по своду или, в случае заполнения пазух бетоном, поверх этого последнего. Для предохранения изоляции от порчи при подбивке шпал или ремонте необходимо прикрыть ее кирпичом или слоем того же бетона. Для собирания воды, просочившейся до изоляции, поверхности последней, придают скату с уклоном в 1—3%, сводящие воду в пункты, откуда она выводится наружу при помощи чугунной или железной трубы диаметром



Фиг. 14.

7—10 см. В отношении выхода воды наружу лучше всего располагать трубку в замке свода, так как внутренняя поверхность его в этом случае не будет грязниться, но такой прием сопряжен с заполнением пазух забуткой. На фиг. 14 приведено устройство трубки с дырчатым копкаком над трубкой; нижний конец трубки желательнее снабжать фланцем, окруженным канавкой, во избежание затекания капель на свод. В верхнем конце трубки, для предупреждения прохода воды в кладку по стыку трубки с кладкой, необходимо изоляцию завести внутрь. Не следует производить выпуск воды через боковые стенки.

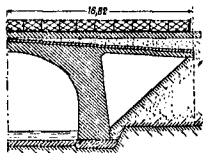
Весьма трудно перекрывать  $t^{\circ}$ -ную щель без разрыва изоляционного слоя. Задача заключается в том, чтобы при изменении ширины щели изолирующий слой свободно деформировался без разрыва, причем иногда по изоляции должна проходить вода; конструкция упрощается, когда шов приходится на водоразделе. Наиболее рационально вопрос разрешается без разрыва, причем иногда по изоляции должна проходить вода; конструкция упрощается, когда шов приходится на водоразделе. Наиболее рационально вопрос разрешается без разрыва, причем иногда по изоляции должна проходить вода; конструкция упрощается, когда шов приходится на водоразделе.



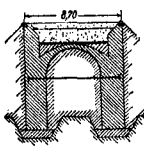
Фиг. 15.

Очертания и опор. Устой К. м. расчленяется: на ядро, передающее давление пят свода на грунт; боковые стенки, поддерживающие заполнение под полотном в пределах откоса конуса; продольн. и поперечн. своды, замещающие иногда часть упомянутого заполнения. При рациональном очертании устоя форма ядра подбирается по положению кривых давления для предельных нагрузок: 1) свод и устой не имеют над собой засыпки (момент раскружаливания), 2) полное загружение свода, 3) загружение устоя при отсутствии нагрузки на своде. При этом д. б. соблюдено условие допускаемого давле-

ния на грунт и условие устойчивости пят на сдвиг; коэф. трения кладки по кладке можно принять равным 0,7—0,8, сопротвление

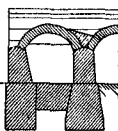


Фиг. 16.



Фиг. 17.

кладки скальванию— $5 \text{ кг/см}^2$  при учете и сопротивления трению; коэф. устойчивости на сдвиг д. б. не менее 1,5. При трудности получить удовлетворительный результат прибегают к наклонному расположению слоев кладки и наклонному положению подошвы



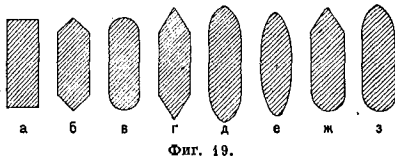
Фиг. 18.

фундамента, которая д. б. по возможности нормальной к направлению равнодействующей, определяемой при отсутствии временной нагрузки. При устройстве свайного основания рекомендуется передавать давление на него от собственного веса сооружения возможно более центрально. О давлении насыпи на устой см. Опоры мостов.

В массивных устоях с излишним количеством кладки, являющимся мертвым грузом и увеличивающим давление на основание опор, необходимо прибегать к уменьшению кладки путем устройства продольных или поперечных проемов, перекрытых сводами. При средней высоте насыпи, примерно до 10 м, с успехом применяется продольный свод для перекрытия пространства между передней стенкой устоя и обратными, что дает возможность освободить от давления засыпки переднюю стенку и почти уравновесить давление земли на обратные стенки (фиг. 16 и 17). Для уменьшения распора полезно продольному своду давать возможно больший подъем или заменить его железобетонной плитой. Устройство поперечных проемов лучше согласуется с наличием распора со стороны пролета (фиг. 18); во избежание прохода вод

одного пролета временной нагрузкой равнодействующая давления на швы и на подошву фундамента не должна выходить из средней трети. В исключительных случаях допускается выход кривой давления из средней трети, причем растягивающие напряжения в кладке не должны превышать  $2 \text{ кг/см}^2$ .

При глубоком заложении основания при помощи опускных колодезев или кессонов, проверка напряжений по ф-ле неравномерного сжатия делается лишь для сечения, совпадающего с уровнем дна реки (после размыва, если он предусматривается расчетом отверстия). Давление на подошву определяется при этом в предположении равномерного распределения вертикальных слагающих.



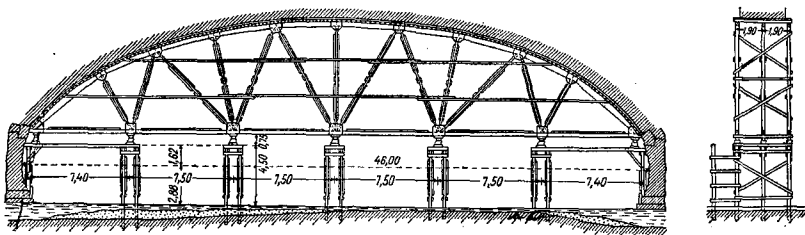
Фиг. 19.

Давление на грунт при глубине заложения основания до 2,5 м от поверхности земли не должно превосходить для:

Сухого мерзлостого и глинистого плотного грунта . . . . .	5 $\text{кг/см}^2$
Плотно слежавшегося сухого песка . . . . .	4 »
Гравия и крупного песка . . . . .	6 »
Сухого чистого песка . . . . .	2 »
Глинистого влажного слабого грунта . . . . .	1 »
Сваи твердой сплошной (независимо от глубины заложения основания) . . . . .	30 »
Сваи среднего качества . . . . .	15 »
Слабой . . . . .	8 »

При углублении фундамента в глинистый или песчаный грунт на глубину более 2,5 м допускаемые напряжения м. б. повышены от 0,10 до 25  $\text{кг/см}^2$  на каждый м глубины—чем глубже, тем больше. Предельная нагрузка на основные сваи, забитые в грунт под основание до отказа, допускается: на сваю диам. 26 см—17 т, диам. 30 см—22,5 т, диам. 34 см—29 т.

Для начала подбора профиля быка можно взять толщину его в уровне пят от  $\frac{1}{5}$  до  $\frac{1}{10}$  пролета, а боковым граням придать уклон от  $\frac{1}{40}$  до  $\frac{1}{15}$ . На быке должны помещаться



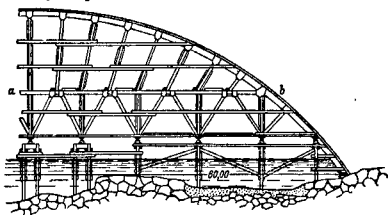
Фиг. 20.

через такие проемы в них д. б. поставлена одна или две тонкие стенки, расперые между собой также стенкой.

Бык получает свое очертание в зависимости от действующих на него усилий и расположения пят сводов. При загрузке

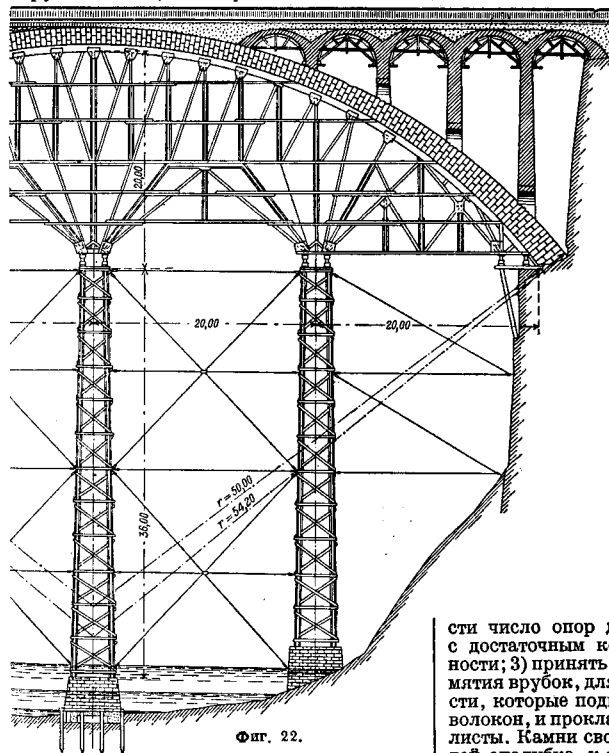
пята сводов с нек-рым расстоянием между ними (от 0,25 до 0,5 м). Наименьшая толщина быка—1,5 м. Устройство пустот внутри высоких быков для уменьшения давления на грунт возможно при применении железобетонных горизонтальных диафрагм.

Очертание быка в плане должно отвечать местным условиям. Если бык проектируется для путепровода или вне водного потока,



Фиг. 21.

простейшей формой для кладки является прямоугольная. Если бык д. б. расположен в русле потока, то очертание его в плане



Фиг. 22.

должно способствовать благоприятному протеканию воды под мостом. Быки в таких случаях стесняют живое сечение потока, увеличивают его скорость и б. или м., в зависимости от очертания, нарушают правильность течения воды, вызывая увеличение скорости в одном месте и уменьшение ее в другом, а также появление водоворотов, вследствие чего происходит размыв грунта и образованные отложения. Из произведенных опытов

установлено, что формы «д» и «е» (Фиг. 19) вызывают наименьшее возмущение течения вдоль быка и перед ним по высоте воли и по ширине возмущенной поверхности. Форма быка в плане при плоских боках д. б. образована кривыми, плавно сопрягающимися с боками, т. е. по Фиг. 19, д. Для большего упрощения кладки аванбык (передний фас быка) можно очерчивать прямыми в виде равностороннего т-ра (форма «г»), причем для прочности острое режущее ребро следует закруглить (форма «ж»). Для малых рек с ледоходом допускают очертание «б», с незначительным округлением углов, причем форма б. делается круглой. Для рек даже с ледоходом, при незначительной прочности льда, или для рек с большой скоростью под мостом и со слабым грунтом весьма целесообразной является форма «з». Чем больше скорость потока, чем сильнее живое сечение его стесняется быками, чем слабее грунт и чем меньше пролеты, тем совершеннее должна быть форма быка.

Одним из серьезных вопросов, возникающих при постройке К. м., является вопрос о кружалах, в связи с их деформацией при кладке свода; за деформацией кружал следовать неизбежно должен следовать и незамкнутый еще свод, который представляет собою однако при употреблении цементного раствора, мало деформирующийся каменный массив, почему в нем и могут появиться трещины. Движение свода по опалубке происходит не только от деформации материала кружал, но и от осадки опор и обмятия врубок. Для устранения деформации свода необходимо: 1) разместить элементы кружал, на основании соображений о правильной их работе, для передачи нагрузки их земле; 2) дове-

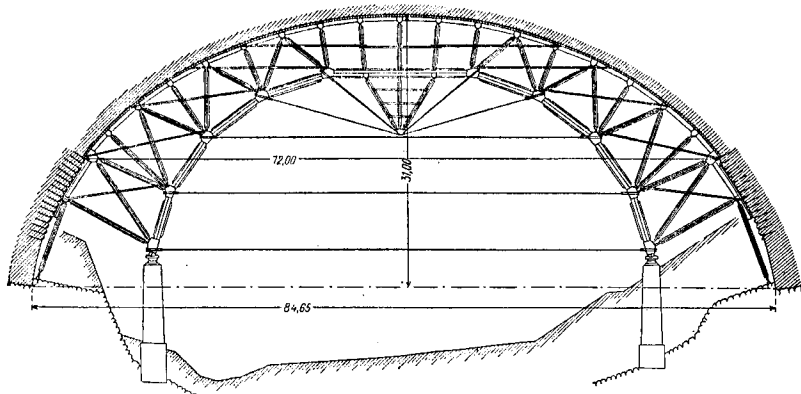
сти число опор до требуемого по расчету, с достаточным коэффициентом запаса прочности; 3) принять меры к уменьшению обмятия врубок, для чего ставить из дуба те части, которые подвергаются сжатию поперек волокон, и прокладывать в стыках железные листы. Камни свода укладываются на дощатой опалубке, к-рая иногда лежит на обрешетинах и чаще всего на косыках, являющихся верхним поясом подвижных кружальных ферм, опертых, при помощи особых приборов для раскружалвания, каждым узлом на свайные опоры. В поперечном направлении кружальные фермы, подвергающиеся действию ветра, д. б. жестко связаны между собой. Для сводов высоких выдувок постановка промежуточных опор вызывает большие расходы и дает значительную упругую



осадку и осадку от обмятия; поэтому опоры для кружала устраивают в этом случае на быках под пятнами сводов, где закладывают железные балки, на выступающих концах к-рых и располагают кружала при помощи приспособлений для раскружаливания. При большом пролете (свыше 20—25 м), для большей

очень легко было регулировать подтягиванием затяжек. Задание подъема было сделано удачно, т. к. кружала опустились на 140 мм (см. *Кружала*).

При проверке прочности кружал следует руководствоваться нормами допускаемых напряжений, предписанными НКПС.



Фиг. 23.

жесткости, кружала удерживают на деревянной башне, поддерживающей середину кружала в пролете. При постройке длинных мостов деревянные кружала заменяются иногда железными, которые кроме выгоды многократного применения имеют еще преимуществы большей жесткости. Главным недостатком их — большая чувствительность к колебаниям  $i^{\circ}$ . Железные кружала применяются также в случае малой строительной высоты или необходимости оставления во время производства работ значительного судходного пролета.

Для передачи нормальной составляющей от веса свода, лежащего на кружалах, подкосы должны иметь радиальное направление. Для сокращения опорных точек нек-рые подкосы могут быть заменены двумя, как это сделано в кружалах моста des Amidonniers (фиг. 20). На фиг. 21 представлены кружала, построенные по тому же принципу для большого подъемистого свода, в которых для уменьшения длины радиальных подкосов приходится перехватывать их опорными точками по уровню прогонов *ab*. Кружала, опертые на несколько башен (высотой 36 м), для моста Montanges показаны на фиг. 22. Оригинальная система кружал была применена при постройке моста Адольфа в Люксембурге, пролетом в 84,65 м (фиг. 23). В верхней части свода узлы поддерживаются радиальными подкосами, далее — попеременно радиальными подкосами и тр-ками. Все эти элементы опираются на шарнирную деревянную арку-многогранник, по сочленениям к-рой поставлены затяжки из стальных канатов. Под концами этой арки, на специально построенных бычках, были расположены клинья для раскружаливания. Строительный подъем дан был в 135 мм; ег

Подача материалов при постройке К. м. производится по служебному мосту при помощи вагонеток или специальных кранов. При сооружении высоких виадуков применяются подвесные дороги. В виадуке Ландвассер высокие быки клались без подмостей. В центре опор поставили железные башенки, на к-рые опирался вспомогательный рабочий мостик-кран в 5 м. По мере поднятия опоры башенки наращивали, и мостик поднимался. Железные башенки оставили в кладке.

Лит.: Пер е д е р и я Г. П., Курс мостов. Конструкция, проектирование и расчет, т. 1—Мосты малых пролетов, М.—И., 1927, ч. 2—Мосты больших пролетов, отд. 1—Каменные мосты, Л., 1925; е г о н е, Новейшие приемы постройки каменных мостов, СПб., 1908; В о д а н с к и й Б. М., Мосты каменные и деревянные, СПб., 1903—04 (литогр.); К р и в о ш и е в Г. Г., Расчет сводов, П., 1918; «Труды НКПС», 4-й сборник Бюро инж. исследований, М., 1925; Технич. условия проектирования и сооружения каменных и бетонных мостов для ж. д., М., 1928; S e j o u r n e P., Grandes voûtes, Bourges, 1913—16; G a u c., Ponts en maçonnerie, P., 1924; A g a g o n E., Ponts et ouvrages en maçonnerie, P., 1909; F e u s s i e t., Le pont de Villeneuve, «GC», 1921; P i c a r d P., Notice sur la construction du pont de Montanges, «Ann. des Ponts et Chaussées», P., 1911, 4; M e l a n J., Der Brückenbau, B. 2, 3 Aufl., Lpz.—W., 1924; Handb. Ing., T. 2, B. 1—Brückenbau, 1917; T o l k m i t t G., Leitfaden f. das Entwerfen u. die Berechnung gewölbter Brücken, 3 Aufl., B., 1912; K i t c h n e r H., Rüstungsbau, B., 1924; F o r s t e r M., Die Stütalbrücke im Plauen, im Vogtlande, «Schweizer. Bau-Ztg», Zürich, 1905, 2; A c a t o s., Die Adabrücke bei Morbegno, ibid., 1903; B a c h C., Versuche mit Granitquadern zu Brückengelenken, «Z. d. VDI», 1903, B. 47, I, p. 1439.

Н. Хомутильников.

**КАМЕННЫЕ РАБОТЫ**, кладка, возведение тех частей сооружения, материалом к-рых служат естественные или искусственные камни. Кладка бывает: 1) тесовая — из правильно отесанных камней, 2) бутовая — из неправильной формы камней естественных пород, 3) кирпичная, 4) смешанная — из бутовой кладки, облицован-

ной тесаным камнем или кирпичом, или из кирпичной, облицованной тесаным камнем.

Основным вопросом при производстве каменной кладки является способ расположения камней, при котором получилось бы вполне крепкое и устойчивое сооружение, возможно меньше ослабленное швами между отдельными камнями или кирпичами. Для этого необходимо, чтобы: 1) главные швы сооружения проходили по плоскостям, перпендикулярным к направлению равнодействующей всех сил, которые действуют на данное сооружение; 2) второстепенные швы проходили по плоскостям, параллельным ей, и притом перпендикулярно или параллельно к лицевой поверхности кладки; 3) вертикальные швы в смежных горизонтальных рядах приходились в перевязку; 4) у отдельных камней, входящих в кладку, не было острых и входящих углов, во избежание раскалывания камней.

**Тесовая кладка.** Тесовая кладка состоит из отдельных камней с плоскими гранями; камни скрепляются друг с другом раствором или металл. частями. Для прямоугольных отвесных стен применяются камни в виде кубов или параллелепипедов, для арок и сводов— в виде клиньев, для колонн— в виде цилиндров, клиньев или кольцевых отрезков. Хотя давление лучше всего сопротивляются камни кубической формы, но при этой форме не достигается перевязка кладки. Для прочности камней формы параллелепипедов и для удобства перевязки отношение их измерений (высоты к ширине и длине) принимается равным для средних пород 1:2:3, а для твердых 1:3:5. Толщина стен, сложенных из известняка, д. б. в нашем климате не менее 1 м, а из гранита— не менее 1,3 м. При крупных и твердых камнях (гранит) кладка делается логом (фиг. 1), причем по толщине стены камня м. б. уложить в 1, 1½ и более камней; в прочих случаях— логом, или тычком, или же попеременными рядами (фиг. 2). Для перевязки в углах стен употребляют камни больших размеров. При производстве тесовой кладки очищают место, куда нужно положить камень, и сначала кладут его насухо, проверяя правилом, наугольником и отвесом, чтобы хорошо пригнать его к другим рядам; затем камень поднимают и подливают под него слой жидкого раствора, толщиной несколько более против требуемого шва (шов д. б. не толще 3 мм), следя, чтобы не оставалось потеков на стене; перед наложением на место камень смачивают и опускают так, чтобы он сразу припел на надлежащее место. Камень не следует передвигать, т. к. этим нарушается связь его с раствором; неправильно положенный камень нужно вновь поднять, очистить от раствора и подлить снова на место. Когда положение тесовых камней недостаточно обеспечено, то для соединения их между собой применяется замковая притеска (фиг. 3), или же их скрепляют металл. частями, для чего служат: для скрепления камней одного ряда железные скобы (фиг. 4) весом 0,5—3 кг и планки (фиг. 5) весом 1,6 кг (последние для камней твердой породы), а для скрепления камней различных рядов— железные пироны

(фиг. 6) круглого или прямоугольного сечения, длиной 100—150 мм, весом 0,4—1,2 кг, толщиной 25—38 мм. Все металл. части заливаются в камне свинцом или цементом; свинец после заливки зачеканивается.

**Бутовая кладка.** Эта кладка производится из камней неправильной формы естественных пород, чаще всего из плотного известняка, и употребляется преимущественно для фундаментов и резе для стен. Она бывает двух видов: кладка бутовой плиты и кладка булыжника. Бутовую плиту нужно сортировать так, чтобы крупные камни шли на углы и версты (наружные грани), чередуя тычки а с ложками б (фиг. 7), и чтобы ряды, хотя и разной высоты, шли все же горизонтально; более мелким камнем заполняют середину, плотно подгоняя один к другому и хорошо зацементировывая промежутки. Бучение делается в со к, т. е. только наружные камни подливаются, а забутка сажается на разровненный слой раствора и, после расщепки, заливается сверху жидким раствором. При кладке второго ряда на серединах ложков укладывают тычки, а на тычках— ложки. Камни должны лежать плотно, без шатания. Булыжника кладка применяется за неимением другого камня. Для кладки булыжника надо сделать постелистые, т. е. образовать две постели скальванием двух горбушек; в остальном кладка ведется так же, как бутровая.

**Кирпичная кладка.** Кирпичная кладка обладает тем преимуществом, что кирпич имеет правильную форму, удобен в работе и теплопроводность его мала, благодаря чему кирпичные стены жилых строений м. б. гораздо тоньше, чем при кладке из естественного камня. При размещении кирпичей в кладке, кроме правил указанных выше для каменной кладки, надо избегать употребления ложков внутри кладок, не употреблять без крайней надобности мелкого кирпича (трехчетвертей, половинок и в особенности четвертей) и стараться помещать каждый тычок против середины верхних и нижних ложков. Число А кирпичей, потребных на 1 м² кладки, определяется по формулам

$$A = M \cdot n \text{ и } M = \frac{1000}{(a+d)(c+d)},$$

где  $M$ —число кирпичей при толщине стены в ½ кирпича;  $n$ —толщина стены в полукирпичах;  $a$  и  $c$ —длина и толщина кирпича в см;  $d$ —толщина вертикального шва между тычками и  $d_1$ —горизонтального шва между рядами по высоте в см. Для определения объема  $V$  раствора на 1 м² кладки служит формула

$$V = q \cdot n + p(n-1),$$

где  $q$ —объем раствора при толщине стены в ½ кирпича (при известковом  $q=0,026$  м³, а при цементном и смешанном  $q=0,023$  м³);  $p$ —объем раствора для заполнения вертикальных швов (толщина шва 10 мм) между продольными рядами;  $n$ —толщина стены в полукирпичах. Полученный объем раствора увеличивается на неизбежные его потери (кладку сводов и пр.): для стен в ½ кирпича—на 15%, в 1 кирпич—на 10%, более 1 кирпича—на 6%. Толщина кирпичных

стен определяется числом кирпичей, уместяющихся по толщине стены (размер кирпича по ОСТ 250 × 120 × 65 мм). Наименьшая толщина наружных стен из кирпича для жилых строений д. б. в северной и средней полосе СССР не менее 2½ кирпичей, в южной полосе в 2—1½ кирпича, в Сибири и на Дальнем Востоке в 3 кирпича; в внутренних стенах, отделяющие холодное по помещение от теплых, в 2 кирпича; в перегородках и (внутренние стены), не несущие грузов и не имеющие дымоходных или вентиляционных каналов, — в 1½ кирпича, в противном случае — 2½ кирпича. В многэтажных зданиях в нижележащих этажах стены утолщаются. Для нежилых строений (склады, заводские и фабричные здания) толщина стены  $e$  для верхнего этажа равняется  $\frac{d}{40} + \frac{h}{26}$ , для следующего к низу этажа  $e' = \frac{d}{40} + \frac{h'}{26}$ , и т. д., где  $h$  и  $h'$  — высоты этажей и  $d$  — ширина здания; если же строение подвержено соприкосновению (от машин, паровых молотов и т. п.), то  $e = \frac{1}{6} h$ . В отдельных стоящих стенах, смотря по качеству материала,  $e = \frac{1}{8} h$  —  $\frac{1}{12} h$ . Для кирпичных оград высотой до 3,2 м наименьшая толщина — 1½ кирпича.

Различают следующие виды перевязок при кирпичной кладке: 1) цепная — состоит из чередующихся тычковых и ложковых рядов (фиг. 8); 2) крестовая — ряды ложков и тычков так же чередуются, как и при цепной, но в ложковых рядах вертикальные швы совпадают через один (фиг. 9); 3) готическая, или польская, самая распространенная у нас, — из смешанных рядов (фиг. 10); 4) английская — два ложковых ряда чередуются с одним тычковым (фиг. 11); 5) голландская — смешанные ряды чередуются с тычковыми (фиг. 12). Для получения правильной перевязки в углах и в пересечениях стен следует иметь в виду, что каждая из стен при случайной неправильной осадке может отклониться от своего вертикального положения и тогда появится разрыв в месте их соединения. Поэтому в одной из стен  $A$  (фиг. 13) надо вывести ряд непрерывно до лица, а другую  $B$  примкнуть к первой, во втором же ряду — вести стену  $B$ , не прерывая, стену  $A$  примкнуть к стене  $B$ ; при этом стены, выходящие торцами на фасад, начинать трехчетвертями, положенными тычком, во всю толщину этой стены. Кладку кирпичных стен следует производить горизонтальными рядами и вести, для обеспечения правильности осадки здания, одновременно по всему периметру здания; при больших зданиях и малом количестве камешников работа ведется попеременно участками на высоту 1,5—2 м. Для лучшей связи одной части с другой край кладки обделывается уступами (штрабы, фиг. 8 и 9,  $АВВ$ , арады, или на убог,  $ВГ$ ). Для соединения стен, возведенных в различное время, прибегают к соединению шпунтом, устраивая в старой кладке вертикальный паз глубиной в ½ кирпича и шириной в ¼ — 1 кирпич, а в новой кладке — гребень такого же размера, входящий в паз. Устойчивость стен увеличивается от связи их с

другими стенами, примыкающими к ним под углом; кроме того устойчивостью стен м. б. увеличена закладыванием в стены железных связей для противодействия горизонтальным силам, случайно появляющимся в кладке; в многэтажных строениях эти связи располагаются над перемычками окон через один этаж, начиная со второго этажа, и располагаются по наружному периметру стен, на расстоянии ½ кирпича от лица стены. Связи полены также для скрепления углов. На связи идет полосовое железо шириной 7,5 см и толщиной 13—19 мм; концы связей выпускаются наружу и оканчиваются проушиной, в к-рую закладывается штырь, толщиной 38 мм, длиной до 0,7 м, или же концы связи делают в виде болта с нарезкой, на которую навинчивают гайку.

При производстве кирпичной кладки камешники работают попарно и расставляются так, чтобы на каждые 3 м по длине стены (т. н. хватка) находилось по одной паре; на кладку угловых участков надо ставить лучших камешников. Прежде чем приступить к производству кладки, определяют направление по лицу стены рядов кирпичей для чего подливают на концах стен по одному кирпичу и между ними натягивают причалку; затем каждый камешник в своем участке распределяет кирпичи насухо, соответственно принятой системе перевязки, оставляя между ними промежутки, равные толщине швов. Когда место каждого кирпича по лицу стены определено, то кирпичи отодвигаются на стену, и начинается постепенная их подливка раствором (известковый состав 1:2 или 1:3, цементный — 1:3 и 1:4, смешанный — 1½:2:6 и 1:1:6); постель под кирпичи очищают от пыли и поливают из лейки водой, кирпич также поливают водой; затем кладут слой раствора под низ кирпича и на прилегающую заусенку соседнего кирпича, причем верстовые кирпичи должны класться на густом растворе. По укладке на место кирпич надавливают рукой, чтобы швы приняли требуемую толщину (при известковом растворе вертикальные швы — 10 мм, горизонтальные — 12 мм, а при цементном и смешанном — 10 мм), причем выдавленный раствор срезывается лопаткой (сердцеобразной формы). Правильность положения лицевых кирпичей проверяется причалкой и правилом, горизонтальность рядов проверяется ватерпасом, а вертикальность стен — отвесом. Во время кладки камешники должны следить за наружными плоскостями стен, чтобы они не загрязнились подтеками от растворов; всякие подтеки должны немедленно счищаться, пока раствор еще не успел затвердеть. Для повышения производительности работы камешников следует подножку материалов (кирпича, раствора, воды и пр.) и поливку кирпичей водой производить чернорабочими, творя с раствором и кирпич располагать на столах высотой около 1,18 м и кирпич складывать на них рядами на ребро. В кирпичных стенах зданий, оставляемых нештукатуренными, делается расшивка швов, для чего раствор вынимают из швов на глубину 12 мм и это место заполняют смешанным раствором; при этом швам придают форму косо-

шва (фиг. 14) или шва с валиком (фиг. 15). Лучше всего при кладке оставлять пустошовку (фиг. 16); в последнем случае достижается лучшая связь штукатурки со стеной. Для стен и перегородок обыкновенный кирпич м. б. заменен пустотелым, силикатным, трепельным кирпичом или пустотелыми бетонными камнями.

**Смешанная кладка.** Вследствие утонения швов каждая кладка дает осадку, и эта осадка тем больше, чем больше швов; напр. кирпичная кладка дает большую осадку, чем кладка из тесаного камня. В виду этого при смешанной кладке надо связать облицовку (наружный слой кладки) с забуткой (внутренняя часть массива) так, чтобы данная часть представляла собой одно целое, чтобы облицовка не отходила от забутки и чтобы облицовка и забутка не могли осаживаться независимо друг от друга. Когда рааница между осадками обеих частей незначительна, т. е. при невысоких стенах (до 3 м), облицовку ведут так, что ряды облицовки заделывают в кладку забутки (фиг. 17). При облицовке стен, по окончании кладки, облицовочный материал, будь то естественный камень или облицовочный кирпич, приливается непосредственно к кирпичной кладке впритык на жирном цементном растворе, причем если стенка, облицовываемая крупным камнем, высокая, то для соединения облицовки с забуткой применяются металлич. анкеры (фиг. 18) со штырями, по которым проушины анкеров могут свободно двигаться при осадке. Для облицовки цоколей зданий применяется способ, показанный на фиг. 19.

Стены Герарда состоят из двух параллельных друг другу стенок (фиг. 20), из которых наружная делается толщиной в 1 кирпич, а внутренняя в  $\frac{1}{2}$  кирпича на смешанном растворе 1:1,5 или 1:1,6; промежуток между стенками заполняется как можно дурно проводящим тепло материалом (трепел, зола, мелкий шлак, торф, мох, древесные опилки); стенки связываются между собой через 3—4 ряда скобами из круглого железа diam. 2—8 мм в шахматном порядке на расстоянии 0,7—1 м друг от друга.

Стены Прюсса применяются для заборов, перегородок, для стен амбаров, складов и пакагаузов. Эти стены (фиг. 21) состоят из одной или двух полустен в  $\frac{1}{4}$  кирпича; в швах через 3—4 ряда закладываются и хорошо натягиваются полосы обручного железа: в горизонтальных сечении  $1,5 \times 25$  мм, а в вертикальных— $1,5 \times 15$  мм; в местах пересечений полосы перевязываются проволокой; обручное железо м. б. заменено проволокой; промежуток между стенами заполняется малотеплопроводным материалом.

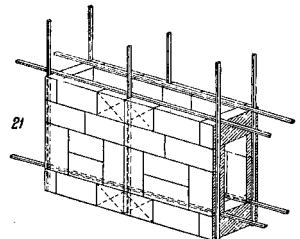
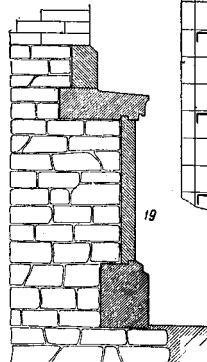
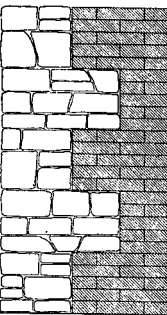
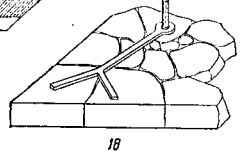
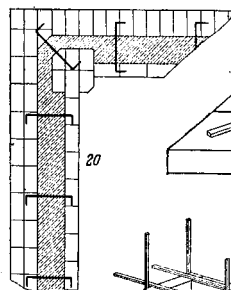
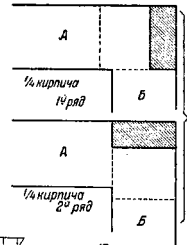
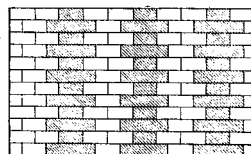
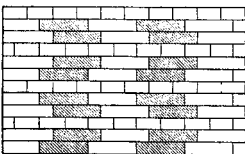
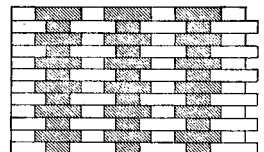
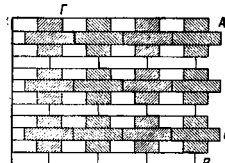
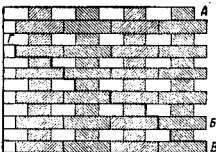
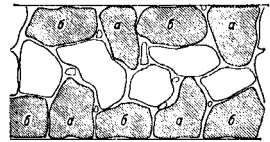
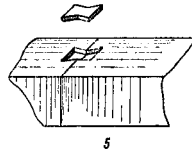
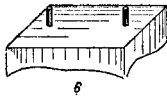
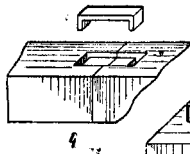
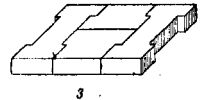
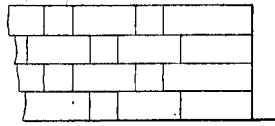
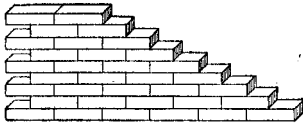
**Подпорные стены.** Для устойчивости против сдвига и опрокидывания необходимо, чтобы толщина каменной подпорной стены была не менее  $\frac{1}{3}$  ее высоты, а если стена удерживает воды, то толщина ее д. б. соответственно увеличена; стена с наружным уклоном при одинаковом сечении устойчивее прямой (наивыгоднейший уклон 1:6). Если стена нагружена земляным откосом, то толщина ее  $e$  (фиг. 22) определяется по формуле:  $e=0,285(h+h')$ . См. Подпорные стены.

**Части сооружений.** Карнизы делают из кирпича или из плиты и кладут на цементном растворе; кирпичные карнизы получают, выпуская кирпич наружу не более как на  $\frac{1}{2}$  кирпича; если карниз должен иметь значительный свес, то употребляется карнизная плита, которая обыкновенно составляет среднюю часть карниза, т. е. слезник, а поддерживающая и венчающая части его делаются из кирпича;  $\frac{2}{3}$  длины плиты должны лежать на стене. Подобно карнизам выделывают на стенах поясики для разделения этажей, сандрики (карнизы над окнами), наличники и прочие выступы; если выступы небольшие, то кирпичи, положенные тычком, выпускаются через ряд, что способствует прочности штукатурки.

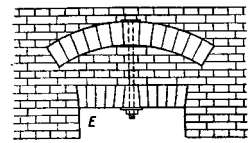
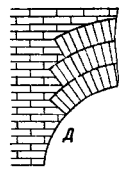
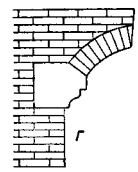
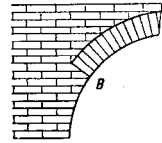
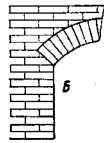
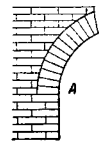
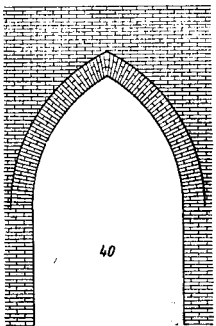
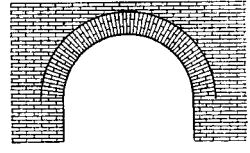
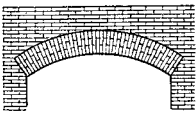
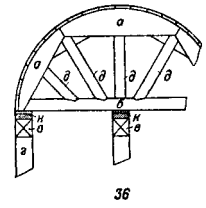
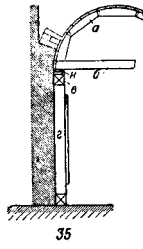
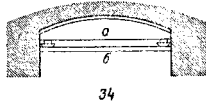
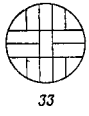
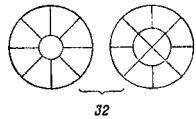
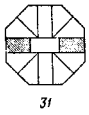
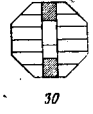
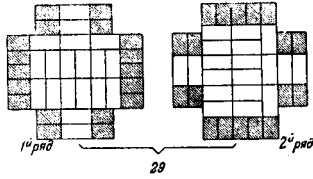
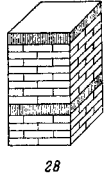
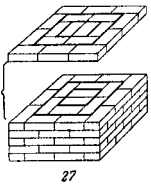
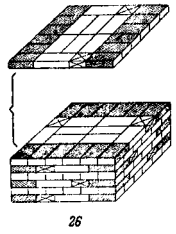
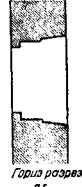
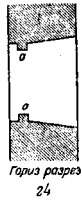
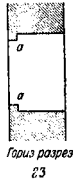
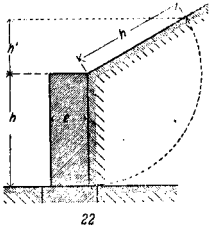
**Оконных и дверных проемах** сверху и с боков делают выступы а (фиг. 23), называемый при толк о й, служащий упором для рамы или коробок окна; притолоки кладутся при помощи деревянных шаблонов; при толстых стенах притолоку отодвигают от наружной поверхности на  $\frac{1}{2}$  или 1 кирпич (фиг. 24). Если предположено поставить две рамы в окнах, то в откосах проема и перемычке оставляют еще одну четверть (фиг. 25). Выступы, образуемые притолокой и четвертью, делают в  $\frac{1}{4}$  кирпича, ширину притолоки—в  $\frac{1}{2}$  кирпича и расстояние от притолоки до четверти — в 1 кирпич. Сверху оконные и дверные проемы перекрываются балками с заполнением промежутка между ними кирпичом или бетоном, но чаще перекрытие делается в виде арочки, называемой перемычкой. Наружные подоконники и бывают плитные и кирпичные, причем те и другие кладутся с уклоном наружу для стока воды. Плитные подоконники состоят из цельной плиты, а кирпичные—из положенных на ребро кирпичей, прикрытых железом. Внутренние каменные подоконники подливаются на алебастровом растворе. Кладка дымовых труб и печей—см. Печи и Отопление местное.

Кладка столбов требует особенно тщательной перевязки, в виду того что они обыкновенно несут значительную большую нагрузку, чем стены. По своей форме в плане столбы м. б. квадратные, прямоугольные, с выступами, в виде пилы и многоугольные. Кладка квадратных и прямоугольных столбов производится так же, как и стен, и для перевязки пользуются трехчетвертными кирпичами; в первом ряду (фиг. 26) укладывают с двух противоположных торцов трехчетверти тычками во всю ширину столба, во втором ряду—то же самое, но с двух других сторон столба; остальное пространство заполняется кладкой кирпича, как в обыкновенных стенах соответствующей толщины. Чтобы не употреблять тесаного кирпича, кладку столбов делают без употребления трехчетверток (фиг. 27), но при этом внутренние швы остаются неперевязанными (жирные линии на фиг. 27), и средняя часть кладки может иметь самостоятельную осадку. Во избежание этого применяют прокладку в плиту из плотного известняка (фиг. 28), перекрывающую целый ряд кладки. Если столбы имеют утолщения или пилыстры (фиг. 29), то каждый ряд разбивают

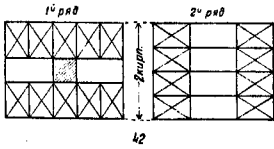
# КАМЕННЫЕ РАБОТЫ



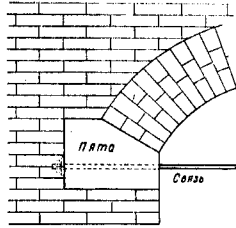
КАМЕННЫЕ РАБОТЫ



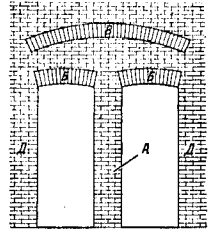
КАМЕННЫЕ РАБОТЫ



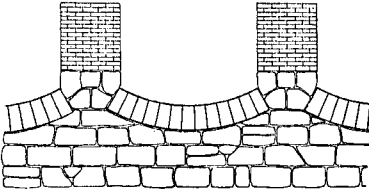
42



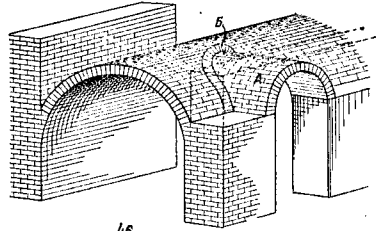
43



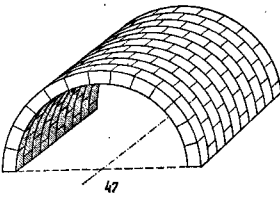
44



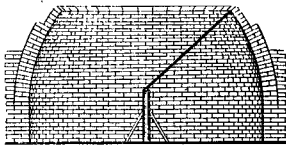
45



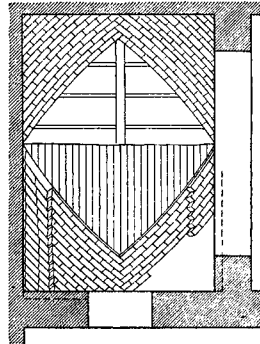
46



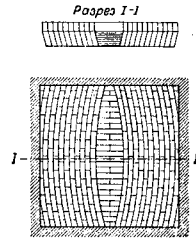
47



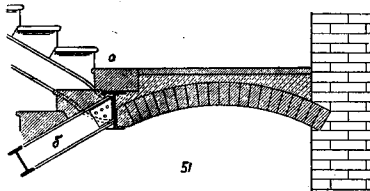
50



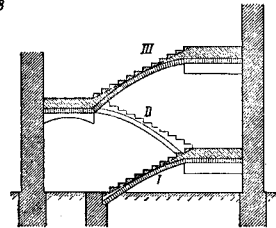
48



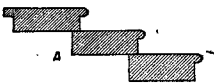
49



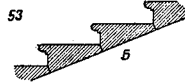
51



52

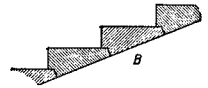


А



53

Б



В

на прямоугольники и в конце их укладывают трехчетверочные кирпичи, получая при этом полн. перевязку швов. Из многоугольных столбов чаще всего применяют восьмиугольные; они возводятся или из тесаного кирпича или из лекального. В первом случае (фиг. 30) для перевязки наружных швов по одной оси мн-ка помещают по ряду тычков, а по другой, перпендикулярной к ней, оставляют шов, образуемый кирпичами, положенными параллельно второй оси; второй ряд укладывается так же, как и первый, но поворачивается на  $45^\circ$ . Так как острые углы обтесанного кирпича легко скалываются, то такие столбы оштукатуривают. Кладка из лекального кирпича показана на фиг. 31; здесь второй ряд укладывается так же, как и первый, с поворотом на  $45^\circ$ . При кладке колонн пользуются обыкновенно лекальным кирпичом по всему ряду (фиг. 32) или из лекального кирпича кладется наружный ряд, а середина закладывается обыкновенным кирпичом; при кладке колонн из обыкновенного тесаного кирпича (фиг. 33) обтесанные неровные поверхности кирпичей выходят наружу, и во всем ряду имеется всего один целый кирпич посередине; поэтому лучше употреблять лекальный кирпич.

При кладке сводов и арок применяют кр у ж а л а для придания формы внутренней поверхности сводов и арок и для поддержания камней и кирпича до окончания кладки. Простейший вид имеют кружала небольших перемычек или арок до 1,5 м пролетом, состоящие из одной доски *a* толщиной 25—50 мм (фиг. 34) или нескольких, сбитых на планках; при пролете в 1,5—2 м кружала делаются из косяков *a*, т. е. досок толщиной 50—63 мм в один ряд (фиг. 35); при пролетах до 3,2 м добавляется затяжка *b*; при пролетах 3,2—4,2 м косяки из двух рядов досок и кружала усиливаются подкосами *d* (фиг. 36), врубаемыми в затяжку; при пролетах 4,2—6,4 м кружала усиливаются кроме подкосов еще 2-й затяжкой, располагаемой приблизительно на половине их высоты. Кружала устанавливают на расстоянии 1—1½ м друг от друга на прогоны *e* (фиг. 35), уложенные на стойки *z*; между кружалами и прогонами под каждый конец кружал подкладывают по два клина *k*. Поверх кружал настилают о п а л у б к у из досок толщиной 25 мм для поддержки камня во время кладки и прибивают ее к кружалам гвоздями. Кружала должны выдерживать груз свода, содержать возможно меньше дерева и быть установлены так, чтобы освобождение их, по возведении свода, не препятствовало правильной осадке его. Кружала делают дощатые и брусчатые. Кривая, по которой д. б. сделаны кружала, чертится в натуральную величину на дощатом щите; она должна иметь очертания направляющей свода с уменьшением ее на толщину опалубки. Первая кружальная ферма свертается с кривой, начерченной на щите, и по ней делаются остальные фермы. Кружала ставят вертикально и поверку правильности их производят шнуром, натянутым по ш е л ы г е—верхнему ребру свода, наблюдая, чтобы вершины всех кружал были на одной горизонтальной линии. По высоте, или под-

ему, арки разделяются на: 1) п л о с к и е, или л у ч к о в ы е (фиг. 37), если стрела не менее  $\frac{1}{12}$  и не более  $\frac{1}{6}$  пролета арки, 2) с ж а т ы е, если стрела от  $\frac{1}{6}$  до  $\frac{1}{2}$  пролета (фиг. 38), 3) п о л у ц и р к у л ь н ы е, у которых стрела— $\frac{1}{3}$  пролета (фиг. 39), и 4) в о з ы ш е н н ы е, у которых стрела более  $\frac{1}{3}$  пролета (фиг. 40). Прежде чем приступить к устройству свода или арки, необходимо выложить пяты их, которые бывают следующих видов (фиг. 41): в р ы з ы е г о р и з о н т а л ь н ы е (А), в р ы з ы е н а к л о н н ы е (Б), в ы н о с н ы е, или в ы с т у п а ю щ и е (В), с в е ш и в а ю щ и е с я (Г), с т у п е н ч а т ы е (Д) и п о д в ы ш е н н ы е (Е). Своды и арки строят или одновременно с возведением стен или по окончании кладки всех стен. В последнем случае оставляют т. наз. выдры, или борозды, служащие пятами будущих сводов; при этом обыкновенно делают выносные пяты, так как горизонтальные пяты занимают много места, и борозды, остающиеся для них в толще стены, сильно ослабляют стены, а когда два свода или две арки упираются на одну и ту же стену, то для них даже нет места. Наклонные пяты делают обыкновенно у перемычек; свешивающиеся пяты делают из естественного камня или же отливают из бетона; ступенчатые пяты делают при кладке очень толстых сводов в несколько отдельных рядов кирпича для получения возможно однообразной осадки отдельных кирпичных рядов. Выносные пяты возводят одновременно с кладкой стены, выдвигая по шаблону наружу горизонтальные ряды кирпичей.

Толщину арки не следует делать более, чем в  $2\frac{1}{4}$ —3 кирпича. Кладку арок следует производить сразу с обеих опор от пят к замку. Арка состоит из клиньев; раскладка кирпичей в клиньях арок показана на фиг. 42; если по расчету необходимо сделать арку более значительных размеров, то ее кладут, как указано на фиг. 41, Д. Толщина опор арки делается равной ширине арки, а ширина опор (вдоль пролета арки) равной:

Для плоских арок . . . . .	$\frac{1}{2}$ пролета
» сжатых . . . . .	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ »
» полуциркулярных арок . . . . .	$\frac{1}{4}$ »
» возвышенных » . . . . .	$\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{6}$ »

Если опору нельзя сделать должных размеров и она достаточна для того, чтобы вынести вертикальные усилия, передаваемые аркой, но неустойчива, то необходимо распор арки погасить связью из круглого или квадратного железа толщиной от 2,5 см и более, заделанной в пяты арки (фиг. 43). Если же опора А (фиг. 44) не может кроме того сопротивляться вертикальным усилиям, то надо применить так наз. р а г р ы з н у арку В; тогда нагрузка от всех частей, лежащих выше арки В, будет воспринята этой аркой и ею же передана на опоры Д, на опору же А придется нагрузка от двух половин арок Б и от заделки, расположенной между арками Б и аркой В. Рагровая арка применяется также при устройстве фундаментов, если под частью фундамента может оказаться более слабый грунт, например наносный или насыпной; пространство под аркой заделывают бутовой кладкой. Если в части фундамента окажется меньшее давле-



ние, чем в соседних его частях, напр. если в стене имеются большие проемы, то устраивают обратную арку (фиг. 45).

Кладку сводов в нужно производить сразу со всех опор таким образом, чтобы кружала были нагружены равномерно; это необходимо для сохранения правильн. формы последних. Кладку ведут от пят свода к замку и, доведя ее до вершины свода, замыкают замковым клином. Преимущество кирпичка для кладки сводов состоит в том, что он хорошо связывается с раствором и способен образовать монолитную массу. Число кирпичиков и размещение их при кладке арок и сводов то же, что и при кладке стен, но при этом нужно иметь в виду, что всякий свод д. б. выведен в течение одного дня для получения наибольшего сжимания раствора в швах. Если своды располагаются рядом, то нужно производить кладку их равномерно, для того чтобы нагрузка на среднюю опору была одинакова; иначе может случиться, что опора не выдержит давления возведенного раньше свода и обрушится. Клинообразность кладки сводов и арок достигается отеской кирпичей или камня или утонением в кирпичной кладке швов книзу; последнее лучше, т. к. отеска кирпича ослабляет его прочность. Для тщательной кладки сводов и арок употребляются декальные клинчатые кирпичи (ложковый и тычковый). При кладке кирпичи располагаются с соблюдением перевязки швов.

Кладка сводов производится следующими способами. а) Нормальная кладка лотков производится рядами, параллельными опорным стенам (фиг. 46); эта кладка ведется по сплошной опалубке и применяется в цилиндрич. и сомкнутых сводах. Толщину цилиндрич. свода в замке делают обыкновенно в  $\frac{1}{2}$  кирпича, а в пятах — в  $1\frac{1}{2}$  кирпича; для пролетов до 8,5 м, в замке — в 1 кирпич, в пятах — в 2 кирпича; предельный пролет для мостовых кирпичных сводов 12,8 м; толщина опор цилиндрических сводов  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{4}$  пролета и не менее  $2\frac{1}{2}$  кирпичей. Если в стенах, на которые опираются пята цилиндрическ. свода, нужно устроить какие-либо проемы (окно, дверь, нишу), причем арка или перемычка проема должна лежать выше начала свода, то применяется т. н. распалубка А (фиг. 46); чтобы устроить распалубку, в своде надо сделать соответствующее распалубке отверстие, причем оно должно быть ограничено арочкой (кольцом Б), лежащей в толще свода. Не сделав кольца, ни в каком случае нельзя делать отверстие в своде. Для сомкнутого свода по диагоналям ставят кружала эллиптической формы, а перпендикулярно опорам — половинные кружала цилиндрическ. свода. Толщина в замке сомкнутого свода — как в цилиндрическом, а в пятах, смотря по тому, построен ли свод на квадрате или на прямоугольнике, —  $\frac{3}{2}$  или  $\frac{3}{4}$  толщины пят цилиндрического свода; равным образом толщина опор сомкнутого свода, который опирается на четыре опоры, составляет  $\frac{3}{4}$ — $\frac{3}{2}$  соответствующего цилиндрического; при опорах выше 3 м толщина опор увеличивается на  $\frac{1}{10}$  высоты.

б) Кладка в рядах и, перпендикулярных к опорным стенам (фиг. 47), с соблюде-

нием надлежащей перевязки в смежных рядах кладки, применяется для крестовых сводов при условии их опалубки. Кладка производится по сплошной дощатой опалубке; по диагоналям ставят эллиптические, а перпендикулярно опорам — полуциркульные кружала. Крестовый свод — самый распространенный тип сводов для покрытия квадратных, прямоугольных и многоугольных помещений; он образует четыре распалубки, соединяющиеся в вершине, и при перекрытии квадратных или прямоугольных помещений сплошых стен не требует, т. к. давление передается исключительно на углы, так что достаточно иметь по углам столбы или колонны. Толщина крестового свода при пролетах:

		В замке	В пятах
До 6,4 м . . . . .	$\frac{1}{2}$ кирпича	$\frac{1}{2}$ кирпича	$\frac{1}{2}$ кирпича
» 8 » . . . . .	$\frac{1}{2}$ »	»	1 кирпич
» 18 » . . . . .	1 кирпич	1 кирпич	$\frac{1}{2}$ кирпича

Толщина опор  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{4}$  диагонали свода; при опоре выше 3 м толщина опоры увеличивается на  $\frac{1}{10}$  высоты.

в) Кладку в елку (фиг. 48) ведут рядами под углом  $45^\circ$  к опорным стенам по сплошной опалубке или без опалубки по кружалам, расположенным на расстоянии не более 1 м одно от другого, причем близ пят и вдоль шельги прибывают по одной доске. Кладку начинают со всех углов; ряды такой кладки пересекаются друг с другом под прямым углом. Эта кладка применяется в сводах цилиндрических, сомкнутых, крестовых и парусных.

г) Кольцевая кладка (фиг. 49) по скользящим (передвижным) кружалам ведется рядами, слегка наклонными к оси свода, с двух щековых стен одновременно до тех пор, пока посередине свода не останется промежуток — 27 см, после чего кладут замок свода из кирпичей, загоняемых параллельно оси свода. Эта кладка применяется при цилиндрич. сводах малого пролета (до 2 м), но значительного протяжения.

д) Купольная кладка изображена на фиг. 50. Сопрягающие швы образуют конич. поверхность, вершина которой лежит в центре шаровой поверхности распалубки или свода, а заусенки лежат в меридиональных плоскостях; опорой свода служат наружные стены по всему своему периметру. Эта кладка применяется для купольных и парусных сводов. Кладку купольных сводов производят двумя способами: а) способом сплошной кольцевой кладки, когда весь свод складывается из целых горизонтальн. колец, верхние поверхности к-рых по мере удаления от опор делаются все более и более наклонными, совпадая с направлением радиуса полушара; этот способ при diam. купола до 10 м совершенно не требует кружал; б) способом кольцевой кладки между гуртами (для парусных сводов), идущими на равном расстоянии друг от друга, начинаясь от опор и сходясь в вершине купола; между этими гуртами имеется заполнение, сложенное из кирпича; при этом способе для устройства ребер применяют кружала. При куполах очень больших диаметров применяют сплошную опалубку. Толщина купольного свода в замке имеет  $\frac{1}{20}$  diam. свода, но не менее  $\frac{1}{2}$  кир-

пича при пролете до 3,6 м и не менее 1 кирпича при пролете до 5,5 м, а у опоры— $1\frac{1}{20}$  диам. свода. Толщина опор  $1\frac{1}{10}$ — $1\frac{1}{8}$  диам. свода.

Кладка сводов расценивается по объему сводов; объем свода получается умножением поверхности опалубки на среднюю толщину свода; поверхность свода (или опалубки) определяется: цилиндрического — умножением направляющей на длину, а остальных сводов — умножением площади перекрываемого сводом помещения на след. коэф-ты:

Для сомкнутого и полуциркульного свода . . . . .	2,0
» » с подъемом в $\frac{1}{8}$ пролета . . . . .	1,5
» » » в $\frac{1}{4}$ » . . . . .	1,33
» крестового . . . . .	1,343
» купольного при подъеме $\frac{1}{8}$ пролета . . . . .	2,0
» » » $\frac{1}{4}$ » . . . . .	1,5
» » » $\frac{1}{8}$ » . . . . .	1,33
» плоского свода . . . . .	1,2

Каменные лестницы являются наиболее распространенными. Площадки их строят по одному из способов, применяемых для этажных перекрытий; чаще всего применяют плоские цилиндрические, сводки — кирпичные, бетонные или железобетонные (фиг. 51), опирающиеся одной пятой в одну из стен, перпендикулярных к маршу, а другой — в железную балку площадки; кроме того площадки устраиваются на сводах цилиндрических (получеркульных, сжатых и плоских), крестовых и парусных, причем пятя этих сводов опираются или на стены лестничной клетки или кроме того на арки, расположенные в плоскости, которые отделяют площадки от маршей; арки, поддерживающие своды площадок, опираются или на стены или на отдельно стоящие колонны. Для настилки чистого пола по сводам делается подготовка из тощего бетона или же другого какого-либо материала; по краю площадки укладывается фризная ступень *a*; чистый пол площадки устраивается из ледяных плит, гончарных плиток, асфальта, бетона и др. Марши устраиваются чаще всего на железных балках и косорах *b* (фиг. 51), а если лестница на сводах, то своды кирпичных маршей делаются: цилиндрические и бочарные (наклонные со стрелой в  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{12}$  для пролета 1,7 м, толщиной в замке  $\frac{1}{2}$  кирпича, при больших пролетах — 1 кирпич) или ползучие, опирающиеся на своды площадок толщиной в 1 кирпич (фиг. 52). Часто применяются висячие лестницы, у которых марши одним концом заделываются на цементном растворе 1:3 или 1:4 в стену на 25—27 см с загрузкой их каменной кладкой, другой же конец остается свободным; длина таких ступеней не д. б. более 1,5 м, и камень д. б. однородным, неподвижным и устойчивым ступеней обеспечиваются заделкой концов в стену и тем, что давление передается от одной ступени к другой до самой нижней, причем особенное внимание д. б. обращено на прочность фундамента нижней ступени, воспринимающей всю постоянную и подвижную нагрузку лестницы; концы следует заделывать не одновременно с возведением стен, а лишь по окончании кладки. Сопряжение ступеней на цементном растворе делают (фиг. 53): внахлестку (А), впритык (Б) и фальцем (В). В висачих лестницах каждая ступень при соединении заходит внахлестку на нижележащую на 25—38 мм.

Лит.: Федорович О. Каменные работы, 2 изд., М., 1923; Фадеев Н., Строительное искусство, ч. 1.—Материалы и работы, 5 изд., М.—П., 1923; Стаценко В., Части зданий, 6 изд., П., 1923; Дмоховский В. К., Курс оснований и фундаментов, М.—Л., 1927; Добрянков А. И., Основы строительного дела, М.—Л., 1927; Вугте А. и Кольфлат А., Опытные данные по построению теплых экономич. домов, пер. с нем., М.—Л., 1928; Прейс П. В., Каменные, бетонные и асфальтовые работы, М.—Л., 1928; Рошефор Н. И., Иллюстрированное урочное положение, М., 1928; Бронш Л. и Фишер В., Краткое руководство к строительному искусству и архитектуре, вып. 1—2, СПб., 1913—14; Вегушанн Г. А., Allgemeine Baukonstruktionslehre, V. 1.—Die Konstruktionen in Stein, Lpz., 1903. Н. Туманов.

**КАМЕННЫЙ УГОЛЬ**, один из типов каустобиолитов (антрацит и бурый уголь, см. *Ископаемые угли*). Свoda относятся ископаемые гумусовые угли, характеризующиеся черным цветом, часто блестящей поверхностью, раковистым изломом и черной чертой. При ударе они колются на параллелепипедальные куски по плоскостям спайности; при прикосновении пачкают; KOH на них не действует. Часто один и тот же пласт каменного угля состоит из отдельных чередующихся слоев с различными физич. свойствами. Некоторые из этих слоев состоят из матового черного вещества шелковистого или волокнистого сложения. В этих матовых слоях иногда ясно можно различить обугленные остатки растительных тканей, древесины и перидермы (mineral coal, fusain, Faserkohle). С этими матовыми прослойками чередуются прожилки плотного угля с сильным блеском. Этот блестящий уголь получился повидимому гл. обр. из скоплений коры, листьев, плодоношений, спор (споры встречаются не во всех углях) и семян. Древесина принимает сравнительно незначительное участие в образовании материнского вещества блестящих полос угля. Вообще древесина составляла небольшую часть в массе материнского вещества палеозойских углей. Это естественно уже по одному тому, что древесина большинства деревьев напр. каменноугольного периода, в противоположность деревьям нашего времени, составляла весьма незначительную часть в массе растений. Последнее обстоятельство подтверждается и данными элементарного анализа углей. Древесные гумусовые каустобиолиты, к которым относятся напр. некоторые бурые угли, почти не обнаруживают содержания азота; сапропеллевые же и битуминозные образования, возникшие гл. обр. из белковых веществ, содержат значительное количество азота. Древесн. К. у. содержит также заметное количество азота и выделяют при дистилляции аммиак и разнообразные углеводороды. Вот почему они и получили название битуминозных или, при малом содержании летучих веществ, полубитуминозных К. у. Поэтому можно думать, что древесная растительность палеозойских периодов отличалась от позднейшей значительно меньшим развитием древесины и преобладанием паренхимной ткани, богатой белковыми веществами, как это подтверждается и анатомич. строением дошедших до нас ископаемых остатков древней флоры.

К. у. по составу и свойствам распадается на несколько видов. Одним из свойств К. у., имеющим большое значение в промышленно-

сти и дающим нек-рую основу дл классификации, является общий характер получающегося из них кокса. В одних случаях этот кокс имеет порошкообразный вид; в других — сплавленный, трещиноватый или без трещин; в иных случаях он представляет спекшиуюся, иногда вспучившуюся массу. Спекшился кокс, получаемый лишь из битуминозных К. у. (возможна при этом присадка антрацита), является незаменимым горючим в металлургии, особенно при выплавке чугуна. Было сделано несколько попыток систематизировать К. у. по группам. Наиболее популярной, хотя и несколько устаревшей, является классификация Грюнера (табл. 1).

в 370 км с общей поверхностью в 25 000 км<sup>2</sup>. Угленосная толща Донецкого бассейна, заключающаяся в себе от 30 до 40 пластов рабочей мощности (0,5 м и больше), относится к среднему отделу каменноугольной системы, т. е. моложе угленосных отложений Подмосковного бассейна и Западного склона Урала (Кизеловский район). Пропластков угля нерабочей мощности в Донецком бассейне очень много — до 160—170. Донецкий бассейн представляет типичный пример т. н. параличического образования: покрытая мощной растительностью приморская полоса суши, вследствие неоднократных колебаний уровня моря, затоплялась им, причем на

Табл. 1.—Классификация каменных углей по Грюнеру.

Группа	Род угля	Уд. вес	Элементарный состав в %			Отн. $\frac{O+N}{H}$	Кокс в %	Летуч. вещества в %	Характеристика кокса
			C	H	O+N				
I	Сухие с длинным светлым пламенем . . . . .	1,25	75—80	4,5—5,5	20—15	4—3	50—60	50—40	Порошкообразный или спекшился
II	Жирные длиннопламенные газовые . . . . .	1,30	60—65	5—5,5	15—10	3—2	60—68	40—32	Спекшился или сплавленный, но трещиноватый
III	Жирные кузнечные . . . . .	1,30	84—89	5—5,5	11—5,5	2—1	68—74	32—26	Сплавленный, средней плотности
IV	Жирные коксовые с коротким пламенем . . . . .	1,35	88—91	5,5—4	6,5—5,5	1	74—82	26—18	Плотный или вспучившийся
V	Тощие угли и антрациты . . . . .	1,40	90—95	4—2	5,5—3	1	82—90	18—90	Спекшился или порошкообразный

Эта классификация предложена Грюнером только для К. у. Но иногда к I ее группе относят также бурые и сапропелевые угли. Для каменноугольных месторождений СССР классификация Грюнера не вполне применима. От нее значительно отклоняются угли Донецк. бассейна, а угли Кузнецк. бассейна совсем в нее не укладываются; так, коксовыми углями в Кузнецком бассейне являются угли с содержанием 22—36% летучих веществ.

**Происхождение каменных углей**—см. *Ископаемые угли*.

**Месторождения каменных углей.** Из месторождений К. у. в СССР на первом месте по своему промышленному значению стоит Донецкий бассейн. По запасам углей и их качествам он значительно уступает Кузнецкому бассейну, но его расположение почти в центре европ. части Союза, неподалеку от нашей главной железорудной базы — Кривого Рога — содействовало здесь мощному развитию угледобывающей промышленности и образованию значительных кадров горнопромышленного пролетариата. Разнообразие типов К. у., от сухих длиннопламенных (I группа Грюнера) до прекрасных антрацитов (V группа), значительное количество коксуемых углей (IV группа)— все это заставляло считать Донецкий бассейн «всеююзной кочегаркой». Из общей добычи 1926/27 г. по всему Союзу в 31 352 000 т на долю Донецкого бассейна (без учета аренда-торских шахт и акц. об-ва «Горнопром») падало 24 086 000 т, или ок. 77%. Это соотношение мало изменилось и в следующие годы. Донецкий бассейн занимает полосу шириною

растительных остатках отлагалась толща минеральных (по большей части песчано-глинистых) осадков. Рабочие пласты угля, мощностью чаще всего 0,66—1 м и очень редко до 2 м (мощность суммарного пласта Донецкого бассейна можно принять равной 16 м), иногда прослеживаемые на огромных расстояниях без больших изменений мощности и структуры, обнаруживают однако весьма различное содержание летучих веществ и в зависимости от этого — различные свойства; это видно из табл. 2, представляющей анализ одного и того же пласта K<sub>2</sub> в разных районах.

Табл. 2.—Состав пласта K<sub>2</sub> (в %).

Районы	Летуч. вещ.	Кокс	Зольн.	Влажн. ность
Топновский рудник Марьевского района . . . . .	41,10	49,30	5,73	3,67
Павловский рудник Алмазного района . . . . .	18,65	72,54	6,31	2,50
Рудник Сулиновского завода (район станции Гуково)	2,58	86,30	6,38	4,76

Содержание серы в донецких углях редко менее 1%, обыкновенно же 2—3% и выше. Из общего запаса углей Донецкого бассейна в 68 167 млн. т, подсчитанного до глубины 1 800 м от поверхности для пластов мощностью не менее 0,533 м, на долю К. у. первых четырех групп Грюнера приходится 28 568 млн. т, т. е. ок. 42% всех запасов бассейна. Наиболее сильно развита добыча этих углей в старых промышленных районах — Алмазно-Марьевском, Макеев-

ском, Сталинском, Горловском—и в новом—Гришинском.

Вторым важным промышленным районом прекрасных К. у. является Кузнецкий бассейн, расположенный в Сибири по рр. Томи и Инге, притокам р. Оби. По площади распространения угольных отложений он не уступает Донецкому бассейну и представляет окруженную низкопалеозойскими отложениями котловину, вытянутую в направлении от С.-З. на Ю.-В. и прорезанную в некоторых местах выходами массивно-кристаллич. пород. Геологич. возраст угленосной толщи Кузнецкого бассейна до сих пор окончательно не установлен. Правдоподобнее всего считать нижн. толщу этих отложений за каменноугольную и верхнюю — за пермскую. Коэф. угленосности Кузнецкого бассейна значительно выше, чем Донецкого. Самые пласты отличаются значительной мощностью (8—10 и даже 14 м) и как правило отсутствием прослоев. Большая часть пластов представлена полосатыми и углями (см. *Ископаемые угли*), причем одни из них главн. обр. матовые, другие отличаются сильным смоляным блеском, третьи представляют чередование блестящих и матовых полос почти в равном соотношении. По химич. составу угли Кузнецкого бассейна отличаются поразительной чистотой. Как вывод из многочисленных анализов этих углей необходимо отметить: 1) весьма малое содержание в них серы—от 0,2 до 0,87%, редко до 1,12%, в среднем 0,6%; 2) малое содержание золы—3—10%, в среднем около 7% и 3) их высокую калорийность—около 8 000 Cal.

При описании свойств углей Кузнецкого бассейна следует особо остановиться на некоторых ценных качествах углей Прокоевско-Киселевского района, подчиненных нижней угленосной свите. Лучше других исследован здесь так наз. «Мощный пласт» (от 14 до 15 м мощности). Уголь этого пласта отличается весьма большой вязкостью и крепостью, не дает мелочи при перевозках и не рассыпается в мелочь при долгом лежании на воздухе; он почти бездымлен и дает порошкообразную золу. При сравнительных испытаниях этого угля и англ. флотского кардифа выяснилось, что дымность его меньше и количество мелочи в нем, после испытания в барабане на вязкость, почти втрое меньше, чем в кардифе. По химич. составу он также выше последнего: среднее из 10 анализов этого угля на Нижне-Тагильском з-де дало: влаги 5,99%, золы 4,56%, серы 0,21%, летучих веществ 19,09%. Этот уголь обладает еще одним ценным и редким свойством: он может заменять кокс и древесный уголь при доменных плавках, что подтверждено опытами Гурьевского з-да в Сибири, а также Нижне-Тагильского и Нижне-Салдинского на Урале, причем выплавленный на этом угле чугуны был экономически выгоднее при том же качестве металла: содержание серы в нем не превышало 0,03%. В некоторых углях Кузнецкого бассейна содержится до 7% парафина. Беря мощность суммарного пласта Кузнецкого бассейна в 114 м и приняв к учету площадь в 16 000 км<sup>2</sup>, получаем общий запас углей Кузнецкого бассейна в 400 000 млн. т до глубины

1 500 м, причем пластами рабочей мощности считаются пласты от 0,71 м. Примерно половина этого запаса приходится на долю антрацитов и тощих углей и половина—на долю углей коксовых и кузнечных, жирных и сухих длиннопламенных.

Для характеристики главнейших месторождений Кузнецкого бассейна в табл. 3 по каждому месторождению показаны мощность суммарного пласта и средняя плотность запаса (т. е. запас угля на единицу поверхности) на 1 км<sup>2</sup> до глубины 500 м.

Табл. 3.—Месторождения Кузнецкого бассейна.

Месторождение	Общ. мощность пласта (в м)	Средн. плотность запаса на 1 км <sup>2</sup> (в млн. т)
Анжеро-Судженские копи . . . . .	25,0	27
Киселевские копи . . . . .	88,0	30
Прокоевские копи . . . . .	15,2	32
Алтайские копи . . . . .	20,9	18
Кемеровские копи . . . . .	23,8	25
Ишановское месторождение . . . . .	17,7	15
Кольчугинские копи . . . . .	25,6	10
Белово-Вабанаконское месторозд.	21,3	20
Осиновское месторождение . . . . .	5,9	10
Крапивинские копи . . . . .	7,6	6
Порывайна, или 25 Октября . . . . .	24,8	7,6
Ерунанские копи . . . . .		14,9

С угленосными отложениями Кузнецкого бассейна на основании палеофитологич. и литологич. материала отождествляют отложения Минусинского района. По обим берегам реки Абакана и частью по левому берегу реки Енисея, близ г. Минусинска, расположены месторождения К. у.—Черногорское, Изъхское и Калыгинское. Эти три месторождения лежат в одной угленосн. мульде площадью более 300 км<sup>2</sup>. Кроме того в 60—70 км от устья Абакана, неподалеку от его левого берега находится Аскизское каменноугольное месторождение, а на правобережье этой реки в 40—50 км от устья—месторождение Соосового озера и Красная копь. По своему характеру эти угли частью относятся к сухим пламенным, частью—к спекающимся; количество летучих варьирует от 33,74 до 39,9%. Как и угли Кузнецкого бассейна, эти угли очень мало сернисты (0,50—1,32%) и малозольсты (1,87 до 5,40%, один пласт—16,05%). В пределах Изъхской копи—не менее 10 пластов с мощностью в 1 м и выше; на Калыгинских копиях обнаружено до сих пор 4, а на Черногорских—5 рабочих пластов. Запас углей Минусинского района исчисляется, пока совершенно ориентировочно, в 6 250 млн. т. С окончанием постройки Ачинск-Минусинской железной дороги район приобретает большое значение, так как уголь получает выход на сибирскую магистраль.

Из других месторождений К. у., призванных играть в близком будущем значительную промышленную роль, необходимо отметить месторождение западного склона Урала, Ткварчельское и Тквибульское месторождения на Кавказе, Карагандинское и Экибастузское—в Казахской АССР.

Месторождение западного склона Урала (Кизеловский район) является длинной и узкой антиклинальной складкой, тянущейся в меридиональном направлении от копи Баской до Луневки по крайней мере на 80 км. В этих пределах уголь подвергался разработке колями: Баской, Усвинской, Верхней и Нижней Губажинскими, Половьякинской, Кизеловской и Луневской. Довольно детальные разведки проведены и севернее—до р. Чаньвы. Но и далее к северу, почти на 125 км по меридиану от р. Чаньвы до р. Вишеры, по рр. бассейна последней (Вильве, Кынгуру, Яйве, Язьве и др.), известны выходы не только угленосной толщи, относящейся здесь к ниже-каменноугольным отложениям, но и самих угольных пластов. На действовавших колях западного склона Урала разрабатывались от 2 до 4 (редко больше) рабочих пластов, мощность от 0,7 до 3 м. Уголь плотный, смолистый, хорошо сохраняется на воздухе. По своему составу уголь невысокого качества: в нем 3—5% (иногда до 8%) серы и 17—22% золы. Теплоотворная его способность—5 500—6 000 Cal. Вследствие недостаточной разведанности угленосной полосы подсчет запасов производился до самого последнего времени лишь до уровня реки Косьвы и давал ничтожную величину. Лишь осенью 1928 г. на основании последних геологич. и разведочных данных была сделана первая попытка подсчитать запас к Ю. от Кизела на глубину 1 км, причем этот запас выразился цифрой ок. 2 млрд. т. Геологический комитет впоследствии уточнил этот подсчет и принял запас равным 1 665 475 000 т. Несмотря на невысокое качество угля этого месторождения, оно призвано сыграть крупную роль в развитии уральской промышленности. Путем обогащения на столах Вильфлея уголь довольно легко теряет большую часть золы и серы, после чего дает металлургич. кокс с содержанием золы 11—14% и серы до 2%. Соответственно стоимости кизеловский кокс может широко применяться на северном Урале, тогда как южный Урал (Магнитогорский завод) должен будет получать кокс из кузнечного угля.

Ткварчельское месторождение К. у., расположенное в пределах Абхазии, является крупнейшим не только для Закавказья, но и для всего Кавказа. До сих пор однако оно недостаточно исследовано: из 6 известных угленосных площадей этого месторождения детальному изучению за самое последнее время подверглись лишь две: 1) по бассейнам рр. Б. Махмие и Хеликвара, а также по левому берегу р. Гализги и 2) по бассейнам левых притоков рр. Гализги и Агырво-Дистаблясы. Угленосная площадь этих районов, как и всех других, сложена средне-юрскими отложениями. Пласты угля отличаются большим непостоянством и по мощности и по составу. На расстоянии всего лишь 225 м мощность напр. пласта I колеблется от 1 до 13,17 м. Одновременно и без всякой видимой закономерности содержание серы в угле меняется от 0,8 до 3,95%, золы—от 3,7 до 32,6%, летучих—от 24,8 до 32,7%. Это обстоятельство, в связи с некоторыми

другими соображениями, позволяет принять здесь аллохтонный способ накопления угольной массы (см. *Ископаемые угли*). По своим физическим свойствам уголь всех 6 пластов м. б. отнесен к 3 типам: 1) компактная непластичная масса, в изломе мелкозернистая, с сильным матовым отливом; 2) масса с характерной пучковато-стручатой отдельностью, по которой уголь разбивается рядом косых криволинейн. поверхностей, покрытых тонкими продольными струяками, и 3) черный, блестящий, крупнозернистый, в изломе пластичный уголь. Уголь совершенно не подвержен самовозгоранию, плотен и при подрывных работах дает крупные куски. Он выдерживает длительный срок хранения, мало выветриваясь: уголь, взятый из старых отвалов, после 25-летнего лежания сохранил свои основные качества. По своему типу он относится к настоящим гумусовым каменным углям. Теплоотворная способность угля I пласта 7 200—7 700 Cal, других пластов 5 300—6 800 Cal. В 1927 году Югосталь произвела валовую отборку проб из пластов I-a и I-b на 2-й площади и подвергла их испытанию на коксуемость в Макевских коксовых печах. Полученный кокс для всех проб обнаружил хорошие металлургич. качества. На Ткварчельском коксе предположена теперь плавка керченских и дашкесанских железных руд. Запас угля на указанных двух площадях, относимый к категориям А и В Геологического комитета (см. *Ископаемые угли*), определяется в 69,3 млн. т; общий же запас всех категорий угля этого месторождения на всех площадях, по последним данным Главгортоса ВСНХ СССР, достигает 7 млрд. т.

Тквибульское месторождение К. у., расположенное к северо-востоку от Кутаиса, у подножия Накеральского хребта, также относится к среднему отделу юрской системы. Главный рабочий пласт, мощностью от 23 до 25 м, разбит прослойками углистых и глинистых сланцев на отдельные пачки; как мощность, так и качество пласта довольно непостоянны. Содержание золы в угле 10,5—19%, серы 0,72—2,12%, летучих 37,82—40,40%. Пласт прослежен на 5—6 км. Запас—около 23 млн. т.

Карагандинское месторождение, расположенное в 180 км к Ю.-В. от Акмолинска, известно давно, и его начали разрабатывать уже более 70 лет тому назад. В настоящее время значение этого крупнейшего в Казакстане месторождения увеличивается вследствие относительной близости его к строящемуся Магнитогорскому в-ду, а также благодаря открытию вблизи г. Каракалинска новых крупных месторождений железных руд (Кентобе-Тогай). Сверх того близость к строящейся Туркестано-Сибирской магистрали, бедной топливом, и открытие на северном побережье озера Балхаш крупных запасов мелной руды еще более повышают значение этого ценного месторождения. Общая мощность угленосных отложений достигает 2,5 км. Они подстилаются толщей значительной мощности (до 1,5 км), в к-рой не открыто пластов угля, и известняком ниже-каменноугольного возраста. Известно 8 рабочих пластов, но не-

сомненно открыты еще не все имеющиеся в месторождениях пласты. Разрабатывались здесь лишь 5 пластов. Мощность этих пластов различна: от 0,94 до 6,8 м. Некоторые пласты развиты прослойками глинистого сланца на отдельные пакки. Благодаря этим мелким прослойкам уголь таких пластов очень зольист. Анализ дал для двух главных рабочих пластов шахты Герберт и для пласта Нового шахты Джимики такие результаты (в %):

	Зола	Летучие вещества
Пласт 1,8 м . . . . .	14,8—22,8	20,9—22,4
"   1,3 " . . . . .	20,6—22,46	17,42—22,36
"   Новый (Джимики) 10,6—22,19	23,93—28,96	

Анализы, произведенные лабораторией Геологии, ком-та, показали значительно лучший состав к у с к о в о г о угля: от 6,68 до 15% золы (один пласт дал 30%), 0,27—1,43% серы, 20,7—33,67% летучих веществ, при влажности 0,75—13,9%. Уголь неких пластов, несмотря на длительное лежание, дал в лабораторных пробах спекшийся неспущенный кокс. Определения теплотворной способности карагадинского К. у., произведенные лабораторией Томского горного управления, дают 5 526—6 128 Cal. Запасы месторождения исчисляются ок. 5 млрд. т. Месторождение требует детальной разведки и опробования.

Другим значительным месторождением К. у. в Казахстане является Э к и б а с т у з с к о е, расположенное в 125 км к Ю.-З. от г. Павлодара. Оно подстилается, как и Карагадинское, нижне-каменноугольным известняком и представляет котловину ок. 13 км длиной и 5,5 км шириной. Рабочих пластов—не менее 4; мощность их довольно непостоянна. Уголь первого пласта, лучшего по качеству, содержит от 11 до 19% золы, от 1 до 2,6% серы, 28,7—32,5% летучих веществ; теплотворная способность 6 887—7 560 Cal. Уголь этого пласта дает довольно плотный серебристый, несколько трещиноватый кокс с содержанием золы до 23% и серы 1,10—1,86%. Общий запас месторождения—около 600 млн. т.

Из каменноугольных месторождений Сибири и Дальнего Востока, не имеющих в настоящее время очень большого промышленного значения, но обладающих данными для этого, следует отметить Иркутский бассейн, Сучанский район и месторождения острова Сахалина.

Главная масса углей Иркутского бассейна, занимающего площадь около 25 000 км<sup>2</sup>, принадлежит к К. у. I и II групп Грюнера; по возрасту они относятся к юре. И самые залежи и мощности пластов очень непостоянны. Наиболее разведен Центральный район, где расположена группа копей у ст. Черемхово. Главный пласт имеет здесь от 4 до 5 м чистого угля. Здесь же имеется и другой пласт около 0,64 м мощности. Общие запасы углей Иркутского бассейна, не исключая богхедовых районов, составляют 52,1 млрд. т, а именно:

Р а й о н ы	Средн. мощность рабоч. пласт. (в м)	Запас угля (в млрд. т)
Черемхово-Онинский . . .	6,4	30,0
Вознесенский (бассейн) реки Белой . . . . .	1,06	0,7
Иркутско-Кудинский . . .	1,06	10,0

Р а й о н ы	Средн. мощность рабоч. пласт. (в м)	Запас угля (в млрд. т)
Трансгарейный (богхедовый)	1,06	2,5
Кимельтейский . . . . .	2,1	1,4
Икевский . . . . .	2,1	0,7
Велестовский (бурый уголь)	2,1	2,6
Шабартинский . . . . .	2,1	3,5
Хахареvский (богхедовый)	4,3	0,7

Сучанское месторождение имеет важное значение, благодаря высокому качеству угля, к-рый идет и на экспорт. До настоящего времени разрабатывалась угленосная свита (юрской системы), содержащая 9 пластов угля, из них 5 рабочих, мощности 0,64—1,5 м. Угли относятся к полуантрацитам и к спекающимся углям, дающим хорошего качества кокс. Разведочными работами 1926 г. в с.-в. части отвода Сучанских копей было обнаружено 5 пластов (4 с мощностью, близкой к рабочей) повидимому палеозойского возраста. Общий запас месторождения, по последним данным, около 12 775 тыс. т.

На о-ве Са х а л и н е К. у. тянутся полосой вдоль западного берега. Угли принадлежат к разным категориям—от длинно-пламенных до полуантрацитов. Лучшие коксовые угли находятся в районе Дуэ, отдаленном японским концессионером. Угли Сахалина довольно высокого качества и могут идти на экспорт. Общие запасы исчисляются ориентировочно до 2 млрд. т. Возраст углей—меловой и третичный.

Некие геологи склонны признавать существование в Сибири огромного т. н. Тунгусского каменноугольного бассейна, занимающего, по их предположению, почти все пространство между рр. Леной и Енисеем к С. от 58 параллели, почти на 1 400 км по меридиану и на 1 250 км по параллели. Они определяют его площадь в 800—900 тыс. км<sup>2</sup> и считают его первым в мире по величине. Хотя и нельзя отрицать возможности нахождения отдельных крупных месторождений ископаемого угля на указанной площади, все же было бы неосторожно без достаточных геологич. и разведочных работ объединять все имеющиеся в указанных пределах выходы угля и графита в один грандиозный бассейн. Некие уже известные месторождения т. н. Тунгусского бассейна заслуживают однако серьезного внимания. Сюда прежде всего необходимо отнести расположенные вдоль западной границы этого гипотетич. бассейна Курейское и Норильское месторождения. Первое представляет месторождение антрацита, переслаивающегося с неантрацитовыми углями на р. Курейке, выше известного графитового месторождения. Возможный запас—до 30 млрд. т. Второе расположено далеко за полярным кругом у Норильских гор, в низовьях реки Енисея, к востоку от поселка Лудинки, и содержит 3 пласта угля; из них 2—рабочей мощности (2,4 и 4,66 м). Угли последнего месторождения—типичные битуминозные, вероятно автохтонного происхождения и, скорее всего, пермского возраста. В главной массе они относятся к IV группе Грюнера, со средним содержанием летучих веществ 22—23%. Зольность изменчива, иногда до 2—3%; серы около 1%; теплотворная способность—около 7 500 Cal. Запасы исчис-

лены в 65,87 млн. т, из которых действительных 15,33 млн., вероятных 18,27 млн. и возможных 32,27 млн.

Значительный повидимому интерес представляет мало еще разведанные Печорские месторождения К. у. Выходы углей (гл. образом пермского возраста) приурочены к бассейну р. Косьвы, притока Усы, и отчасти — к самой Усе, к рекам Сынью-Ю и Оранцу, притокам Печоры, и р. Вуктылу, притоку р. Подчерена, впадающему справа в Печору. Разведочные работы производились по левому притоку р. Косьвы — Нече и по правым притокам — Б. Инте и Кожиму, особенно по последнему. За три года разведочных работ Геологич. ком-та в районе Кожима обнаружено 29 рабочих угольных пластов с суммарной мощностью 24,91 м, причем мощность чистого угля в каждом пласте (без пропластков пустой породы) — не менее 0,5 м. Что касается анализов угля, взятого на выходах, то они не дают действительного состава угля и показывают лишь количество летучих от 15—18 до 42—43%; серы — от 0,26 до 5,5—6%; золы в среднем — ок. 20% и выше. Все пласты кроме одного (по Б. Инте) не показали признаков спекаемости. В настоящее время здесь ведется глубокая разведка с целью надлежащего опробования угля. По ориентировочным подсчетам себестоимость добытого печорского угля будет одинакова с себестоимостью донецкого угля. В этом случае печорский уголь на транспорте и в промышленности северного района РСФСР мог бы успешно конкурировать с дровами.

В пределах европ. части СССР можно отметить еще одно, ничтожное, правда, по запасам, но единственное в Крыму месторождение — Бешуйское с 2 пластами К. у., неустойчивыми по мощности и свойствам. Запасы этого месторождения — всего около 280 тысяч т.

Что касается ср.-азиатских республик, их каменноугольные месторождения, действительно разведываемые за последние го-

ды, еще недостаточно исследованы. При сильной иногда нарушенности залегающих, неустойчивости углесодержащих толщ, сложности строения каменноугольных пластов и их непостоянстве по простиранию и по падению, месторождения Ср. Азии требуют самого внимательного изучения. Здесь известны и палеозойские и юрские угли. Первые представлены незначительными месторождениями К. у. и антрацитов; главную часть запасов дают угли юрского возраста, иногда коксующиеся. Наиболее существенны в смысле угленосности районы Нарынский, Прианджиканский, Маргеланский, Исфаринский, Ходжентский и Зеравшанский. Запасы углей Нарынского района, частью спекающихся, для нескольких угленосных площадей — ок. 8,5 млн. т. Отчасти спекающиеся угли имеются также в Маркайском и Кок-Янгаком месторождениях Прианджиканского района, запасы которых не менее 160 млн. т. В Маргеланском районе известно несколько месторождений, среди которых копья К и з л ь-К и я, связанная подземным путем в 40 км с Маргеланом, располагает общим запасом до 25 млн. т. Среди месторождений Исфаринского района следует отметить Ш у р а б с к о е с несколькими пластами угля до 12 м мощности (работали лишь несколько копей) и запасом до 18 млн. т. В восточной части Ходжентского района — К о к и н с а й с к о е, в западной — С у л о к т и н с к о е месторождение с мощностью пластов до 6 м и запасом до 57,5 млн. т. В Зеравшанском районе известно К ш т у с к о е месторождение (до 24 пластов с суммарной мощностью в 36 м) с запасами до 58 млн. т. Ведущимися в настоящее время разведочными работами можно установить более точно действительное значение ряда важнейших ср.-азиатских месторождений.

Классификация углей главных угольных бассейнов (так называемые технические условия), принятая Госпланом СССР, представлена в табл. 4 и 5.

Табл. 4.—Классификация углей Донецкого бассейна.

М а р к а	Обозначение марки	Содержание летучих веществ в горюч. массе в %	Характеристика лабораторного коксуемого королька	Теплотворная способность абс. сухого топлива. Нормальн. расчет в Cal	Размеры кусков в мм
Длиннопламенный сухой	Д	> 42	Неспекшийся порошкообразный или слипшийся	6 700	—
Газовый . . . . .	Г	35—44	Специфийся, сплавленный, иногда вспученный (рыхлый)	7 200	—
Паровичный жирный . . . . .	ПЖ	26—35	Специфийся, сплавленный, плотный или умеренно плотный	7 450	—
Корочный . . . . .	К	18—26	Специфийся, сплавленный, плотный или умеренно плотный	7 500	—
Паровичный спекающийся	ПС	12—18	Специфийся или сплавленный от плотного до умеренно плотного	7 700	—
Тощий . . . . .	Т	< 17	Неспекшийся порошкообразный или слипшийся	7 900	—
Антрацит:					
пшита	АП	—	—	7 800	> 100
крупный орех . . . . .	АКО	—	—	7 700	100—25
мелкий орех . . . . .	АМ	—	—	7 200	25—13
семьяно . . . . .	АС	—	—	6 850	13—6
зубок . . . . .	АЗ	—	—	6 750	6—3
пштаб . . . . .	АШ	—	—	6 250	3—0
рядовой со пштабом . . . . .	АРШ	—	—	7 100	100—0

Табл. 5.—Классификация углей Подмосковного и Кузнецкого бассейнов.

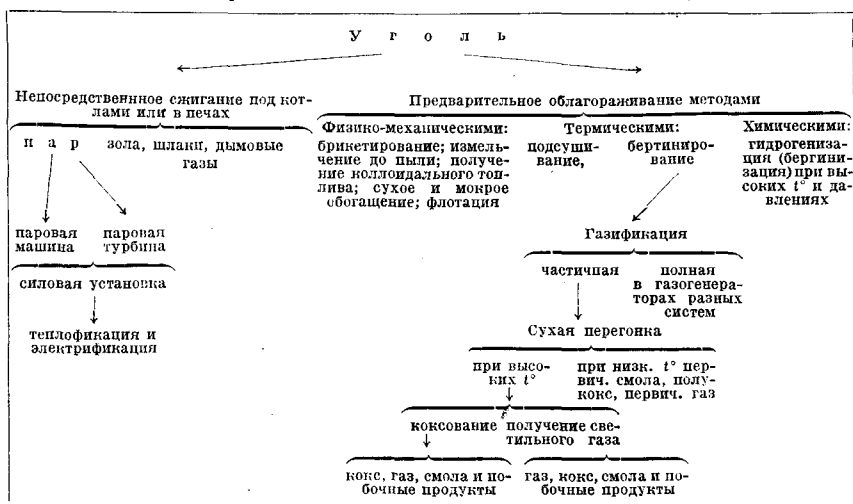
Марка	Обозначение марки	Размеры кусков в мм	Предельное содержание мелочит в %	Влага в рабочем толщине. Нормальный расчет в %	Золы в асб. су-хом толщине. Бран. предел в %	Теплотворная способность сух. толщ. Нормальн. расчет в Cal
Уголь Подмосковного бассейна						
Крупный . . . . .	К	> 50	10	33	26	5 650
Орех . . . . .	О	50—20	15	33	33	4 900
Мелочь и семечко . . . . .	МС	20—0	—	31	35	4 600
Ридовой мелочи . . . . .	РМ	50—0	—	33	31	4 750
Уголь Кузнецкого бассейна						
Анжерские копи . . . . .	—	—	—	—	13	7 800
Кемровские копи . . . . .	—	—	—	—	14	7 400
Ленинские (Кольчугинские) копи . . . . .	—	—	—	—	13	7 450
Прокопьевские и Киселевские копи . . . . .	—	> 6	35	—	14	7 400

Лит.: Очерк месторождений ископаемых углей России, СПб, 1913; «Естествен. прозв. силы России», т. 4, вып. 20—Ископаемые угли, П., 1919; Запасы углей в СССР, «Материалы по общей и прикладной геологии», вып. 3; Новосильцев Н. И., Уголь (мировые ресурсы, мировая промышленность и промышленность СССР), Л., 1927; «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925/26 г.», Л., 1927; то же за 1926/27 г., Л., 1928; Яворский В. И. и Бутлов П. И., Кузнецкий каменноугольный бассейн, «Труды Геол. комитета», вып. 177, Л., 1927; Соколов Д. В., Минусинский угольный бассейн, «Материалы по общей и прикладной геологии», вып. 13, П., 1923; Яворский В. И., Приенско-Абанаские месторождения кам. угля, «Изв. Геол. комитета», П., 1921, 2—6; Рапеев А. А., Ископаемые угли Уральск. обл., Сборник «Урал», вып. 7, Екатеринбург, 1924; Мокрицкий В. В., Тварчельский угленосный район, «Труды Геол. комитета», вып. 189, Л., 1928; Гапеев А. А., Карагандинское каменноугольное месторождение, «Материалы по общ. и приклад. геологии», вып. 61, П., 1922; его же, К вопросу об Экибастунском и Прииртышском месторождениях каменного угля, там же, вып. 44, П., 1920; Са-

Урванцев Н. И., Норильское каменноугольное месторождение, «Поверхность и недра», Л., 1928, 3—5; Чернов А. А., Угленосные бассейны района Кос-Ю в Печорском крае, «Материалы по общей и приклад. геологии», вып. 119, Ленинград, 1925; Лебедев А., Очерк Печорских каменноугольных месторождений и их будущие перспективы (рукопись). А. Гапеев.

Методика исследования Н. у. Современное исследование углей ведется в зависимости от предназначения их для тех или иных целей. Чаще всего уголь используется путем непосредственного сжигания в топке; иногда он предварительно подвергается облагораживанию, и затем уже используются образующиеся продукты; наконец он может служить сырьем для химическ. промышленности (см. схему). Исследования ведут для определения или только балласта (влаги и золы) или общего состава (балласта, выхо-

Схема современного использования ископаемых углей.



халинская горно-геол. экспедиции (статьи Полевого, Криштофовича, Гапеева и Волковича), там же, вып. 112, Л., 1927; Обручев С., Тунгусский угленосный бассейн, «Рудный вестник», М., 1918, 1—4;

да летучих и кокса с характеристикой последнего). Обычно считают необходимым определение и элементарного состава [Н, С,



N, O (или O+N)], теплотворной способности и плавкости золы. При поставке углей по новым техническим условиям (введенным с 1 апреля 1929 г.) определяют: размеры кусков в мм, содержание влаги, золы, летучих и кокса, с характеристической лабораторного коксового короля, и теплотворную способность. Для углей специального назначения, идущих для коксования и добытия светлостого газа, считают необходимым производить испытания в опытных установках с учетом получающихся побочных продуктов, а в случае бергинизации и полукоксования— сухую перегонку в алюминиевой реторте Фишер-Шрадера или вращающемся барабане по сист. Фишера. По схеме Г. Л. Стадникова, одобренной Всесоюзной теплотехнич. конференцией 1928 г., подлежат определению: общий и элементарный состав и выходы продуктов полукоксования с анализом первичного газа и теплотворной способности. Л. К. Рамзин обычно дает характеристику общего и элементарного состава, теплотворной способности рабочего топлива и горючей части, способности кокса к выветриванию и самовозгоранию и  $t^{\circ}$  размягчения золы. По Шленферу, надлежит определять спекаемость и вспучиваемость кокса, изменение золы при высоких температурах,  $t^{\circ}$  вспышки, горючесть кокса и скорость газификации. К. Бунте к этому добавляет определение  $t^{\circ}$  пла. золы (по его методу), теплоты «коксования», теплотворной способности (по Гейберту) для газовых углей, исследование сухой перегонки при низких  $t^{\circ}$  (по Фишеру-Шрадеру)— для углей, подвергающихся полукоксованию и газификации, и наконец определение содержания битуменов, витрена, кларена, дюрена и фюзена. Во всех случаях результаты исследования лишь тогда дают действительную характеристику углей, когда оно ведется для правильно отобранной средней пробы, так как отдельные куски или порции дают весьма различные цифры.

Отбор пробы. Для исследования можно брать пробы: 1) из пластов, 2) при погрузке или выгрузке, 3) из штабелей и вагонов, 4) при испытании котельной, 5) в условиях эксплуатации котельной. При геологических изысканиях отбирается шурфовая проба через всю толщу пласта. При разработках отбирается столбик через всю толщу.

И с с л е д о в а н и е К. У. За последнее время повсюду, за границей и у нас, выявилась тенденция к установлению единых обозначений и стандартизованных методов испытания. Термины и символы, применяемые у нас при исследовании топлива, приведены в табл. 6.

1. Определение влаги ведется высушиванием 1—2 г в стеклян. стаканчике с притертой крышечкой (высота ок. 25—30 мм, diam. 40 мм) при  $t^{\circ}$  102—105° в двухступенном сушильном шкафу или в шкафах типа термостата. По высушиванию в течение 2 ч. стаканчик закрывается, охлаждается в эксикаторе над серной к-той не менее получаса и взвешивается. Влага определяется по разнице веса. Для углей, чувствительных к температуре в 100°, определение производится лишь высушиванием в эксикаторе над серной к-той до постоянного веса.

2. Определение золы ведется с навеской 1—2 г угля в платиновом или фарфоровом тигле на горелке или в муфельной печи с постепенным повышением  $t^{\circ}$  до постоянного веса навески (ок. 800°). При применении муфельных печей рекомендуется заменять тигли чашечками для ускорения процесса озольнения. По охлаждению в эксикаторе вес прокаленного остатка принимается за содержание золы. При точных определениях надлежит вводить поправку в 0,08% на гидратную воду и на серу ( $A_{испр.} = A + \frac{v}{sS}$ ), т. к. при сгорании К. у. сернистое железо золы превращается в окись. Анализ золы ведут общими методами неорганического анализа.

3. Определение летучих веществ в производится с навеской в 1 г в платиновом тигле № 7 Гос. платинового завода (Москва); нагревание производится на спиртовой горелке Бартеля № 2 при высоте пламени не менее 18 см (применяется спирт специальной денатурации). Тигель помещается на платиновом треугольнике, так чтобы дно тигля находилось на расстоянии 8 см от отверстия горелки, и обогревается полным пламенем горелки до полного выделения летучих. После охлаждения в эксикаторе тигель взвешивается. Потеря в весе, за вычетом содержания влаги, дает выход летучих веществ. Для длиннопламен. и бурых углей рекомендуют брать навеску в виде брикета. Для углей с несгорающим коксом рекомендуют предварительно подогреть тигель в течение 5 м., чтобы предупредить образование искр.

4. Определение элементарного состава ведется общими методами органического анализа для С и Н, на газовой или электрической печи. Определение азота производят по методу Кьельдаля. Определение всей серы рекомендуется делать по Эшка, с навеской 0,5—1 г, в зависимости от содержания серы (во избежание потерь содержания серы в навеске не должно превышать 0,025 г). Уголь смешивают с 2 г смеси Эшка (2 ч. окиси магния и 1 ч. безводной соды) в платиновом или фарфоровом тигле; нагревание надлежит вести осторожно, усиливая его постепенно до 850°. Содержимое тигля по охлаждению переносится в стакан, обливается 75 см<sup>3</sup> горячей воды и 4 см<sup>3</sup> насыщенной бромной воды или 10 см<sup>3</sup> 3%-ного раствора перекиси водорода, нагревается до кипения и фильтруется. Фильтрат обрабатывается соляной к-той до слабодислой реакции. Раствор нагревается до кипения и к нему при помешивании добавляется постепенно 10 см<sup>3</sup> кипящего 5%-ного раствора хлористого бария. После 12-часового стояния раствор пропускается через плотный фильтр, тщательно промытый осадок высушивается, прокаливается и взвешивается. В смеси Эшка предварительно определяется содержание серной кислоты, к-рое и принимается в расчет при вычислении. Все вышеуказанные методы разработаны Комиссией по унификации методов лабораторного испытания топлива при Бюро теплотехнич. исследований. В Америке недавно введено, на правах стандартного, определение серы в калориметрич. бомбе при определении теплотворной способности, а также в патроне Парра. Определение сульфатной серы производится

Табл. 6.—Унификация символов при лабораторном испытании твердого топлива.

№	Объект определения	Методы	Термины	Символы					
				Лабораторн.	Работ. топливо	Сухое топливо	Условно горючая масса	Орган. масса	
Определение общего состава	1	Содерж. негорючей части	Прокаливание до постоянного веса при 800°	Зола	A <sup>А.</sup>	A <sup>В.</sup>	A <sup>С.</sup>	—	—
	2	Содерж. негорючей части	Введение проваок на содерж. карбонатов, сернистых соединений	Зола исправл.	A <sup>А.</sup> <sub>и.</sub>	A <sup>В.</sup> <sub>и.</sub>	A <sup>С.</sup> <sub>и.</sub>	—	—
	3	Влажность	Сушка при 105° или в эксикаторе	Вода *1	W <sup>А.</sup>	W <sup>В.*2</sup>	—	—	—
	4	Содерж. летучих веществ: с влагой и без влаги	Унификацион. ком. (видоизменение америн.)	Летучие	V <sup>А.</sup>	V <sup>В.</sup>	V <sup>С.</sup>	V <sup>г.</sup>	V <sup>о.</sup>
	5	Содерж. кокса: с золой без золы	По разности 100 - V 100 - (V+A)	} Кокс {	K <sup>А.</sup> <sub>а.</sub>	K <sup>В.</sup> <sub>а.</sub>	K <sup>С.</sup> <sub>а.</sub>	K <sup>г.</sup> <sub>а.</sub>	—
6	Содерж. углерода	} По общим методам элемент. анализа	C <sup>А.</sup>		C <sup>В.</sup>	C <sup>С.</sup>	C <sup>г.</sup>	C <sup>о.</sup>	
7	» водорода		H <sup>А.</sup>	H <sup>В.</sup>	H <sup>С.</sup>	H <sup>г.</sup>	H <sup>о.</sup>		
Определение элементарного состава	8	» азота	По Кьельдалю	Азот	N <sup>А.</sup>	N <sup>В.</sup>	N <sup>С.</sup>	N <sup>г.</sup>	N <sup>о.</sup>
	9	» серы общей	По Эшка	Сера общая	S <sup>А.</sup> <sub>об.</sub>	S <sup>В.</sup> <sub>об.</sub>	S <sup>С.</sup> <sub>об.</sub>	—	—
	10	» » сульфатной	Метод не фиксирован	» сульфатн.	S <sup>А.</sup> <sub>а.</sub>	S <sup>В.</sup> <sub>а.</sub>	S <sup>С.</sup> <sub>а.</sub>	—	—
	11	Содерж. серы колчеданной	» » »	» колчедан.	S <sup>А.</sup> <sub>к.</sub>	S <sup>В.</sup> <sub>к.</sub>	S <sup>С.</sup> <sub>к.</sub>	S <sup>г.</sup> <sub>к.</sub>	—
	12	Содерж. серы органической	» » »	» органич.	S <sup>А.</sup> <sub>о.</sub>	S <sup>В.</sup> <sub>о.</sub>	S <sup>С.</sup> <sub>о.</sub>	S <sup>г.</sup> <sub>о.</sub>	—
	13	Содерж. серы горючей	Суммирование серы колчеданной и органической	» горючая	S <sup>А.</sup> <sub>г.</sub>	S <sup>В.</sup> <sub>г.</sub>	S <sup>С.</sup> <sub>г.</sub>	S <sup>г.</sup> <sub>г.</sub>	—
	14	Содерж. кислорода	По разности 100 - [W+A-R <sub>з.</sub> +S <sub>з.</sub> ]*3	Кислород	O <sup>А.</sup>	O <sup>В.</sup>	O <sup>С.</sup>	O <sup>г.</sup>	O <sup>о.</sup>
	15	Теплотворная способность, Cal/kg	В калориметрич. бомбе с поправкой на радиацию и теплоту от запала	Теплотворная способность по бомбе	Q <sup>А.</sup> <sub>б.</sub>	Q <sup>В.</sup> <sub>б.</sub>	Q <sup>С.</sup> <sub>б.</sub>	Q <sup>г.</sup> <sub>б.</sub>	—
	16	Теплотворная способность, Cal/kg	В калориметрич. бомбе с поправками на теплоту образования серной и азотной к-т	Теплотворная способность (теплопроизводительность высшая)	Q <sup>А.</sup> <sub>в.</sub>	Q <sup>В.</sup> <sub>в.</sub>	Q <sup>С.</sup> <sub>в.</sub>	Q <sup>г.</sup> <sub>в.</sub>	—
	17	Теплотворная способность, Cal/kg	То же, считая воду в парах, т. е. скидывая 5,85 × (gH+W)	Теплотворная способность (теплопроизводительность низшая (полезная))	Q <sup>А.</sup> <sub>н.</sub>	Q <sup>В.</sup> <sub>н.</sub>	Q <sup>С.</sup> <sub>н.</sub>	Q <sup>г.</sup> <sub>н.</sub>	—

\*1 В соответствии с инструкциями съездов различаются влага внешняя W<sub>вн.</sub> и влага гигроскопическая W<sub>гипр.</sub> \*2 W<sub>в.</sub> получается отдельным определением. \*\* R<sub>з.</sub>—алгебраич. увеличение веса золы при прокаливании (положительное или отрицательное).

или обработкой золы смесью Эшка или сплавлением с содой. За вычетом ее из общего содержания серы получается т. н. г о р ю ч а я с е р а. Сульфидную серу определяют при обработке HCl в токе углекислоты; выделяющийся сероводород улавливается раствором уксуснокислого кадмия. Органическая сера определяется по Пауеллу и Парру.

5. Определение теплотворной способности производят методами сжигания в калориметрических бомбах в сжатом кислороде, измеряя выделяющуюся при этом теплоту и учитывая путем введения поправок влияние радиации, образования к-т, накаливания или сгорания проволоки и т. д. Можно применять бомбы Бертело, Лангбейна, Крекера; предпочтительна бомба Крекера из крупновской стали марки «V.A» с платиновой арматурой. Поправка на радиацию должна вестись по ф-лам Щукарева или

Рубина. Установление водного эквивалента калориметра производят по стандартной бензойной к-те Главной палаты мер и весов; проверка термометров обязательна. Определение теплотворной способности газа ведется или в аппарате Юнкерса, «Унион» или по методу Гейперта: спрессованные в виде брикетов 10 г газа нагреваются в вертикальной кварцевой трубке при 1100°. Газ, очищенный пропуском через стеклянную вату, отводится в градуированный приемник для измерения объема, а оттуда пропускается в калориметр. По Бунте, этот способ дает ценные определения количества газа и его теплотворной способности, а также % выхода и качества кокса, близко совпадающие с практическими.

6. Определение спекаемости и в с л у ч и в а е м о с т и. При анализе на выход летучих в платиновом тигле остается

нелетучий остаток—кокс, к-рый в зависимости от сорта угля м. б. или порошкообразным или спекшимся до средней или значительной плотности. Нек-рые угли при этом увеличиваются в объеме — вспучиваются. Для измерения спекаемости испускается ряд методов—Компредона, Мериса и т. д. Уголь смешивают с нормальным кварцевым песком, причем способность угля спекаться пропорциональна тому количеству песка, к-рое уголь в состоянии удержать, давая нерассыпавшийся королек. Мерис при этом измеряет груз, к-рый королек способен выдержать не разрушаясь. Другие авторы рекомендуют в качестве связующих материалов антрацит, порошок кокса из того же угля, графит и т. д. Наиболее удобным признается повидимому метод Катвинкеля: тонкий порошок угля смешивается с отсеянным кварцевым песком в отношении 1:6; коксовая лепешка исследуется на прочность, испытываемую грузом с увеличивающейся навеской (падающей дробью). Проба на вспучивание ведется по англ. методу Лессинга.

7. Плавокость золы, играющая большую роль как при сжигании в топках, так и в генераторном процессе, определяется чаще всего по америк. стандартному методу в газовой печи пирамидками или конусами, сформованными из золы испытываемого топлива. Огромное влияние имеет атмосфера (окислительная или восстановительная). Обычно отмечается  $t^{\circ}$  начала деформации, размягчения, плавкого состояния, причем разница между началом деформации и самым плавлением для нашего топлива достигает 100—240 $^{\circ}$ . В СССР принят метод Теплохимического института—определение в мекевровской газовой печи. Аппарат Бунте-Баума дает показания с точностью до 5—8 $^{\circ}$ .

8. Определение горючести, или реакционной способности, кокса ведется, по методу Коппера, пропусканием в течение 2 час. чистой углекислоты при 1 000 $^{\circ}$  со скоростью 30 см<sup>3</sup>/мин через трубку 5—6 мм диаметром на 1 г кокса, насыпанного в эту трубку (степень измельчения 0,5—1 мм). Реакционная способность выражается процентным отношением окиси углерода, образовавшейся из углекислоты, к взятой СО<sub>2</sub>, определяемым из ф-лы:

$$\frac{[\text{CO}] \cdot 100}{[\text{CO}_2] + \frac{[\text{CO}]}{2}}$$

При полном превращении СО<sub>2</sub> в СО получается 200; обычно же—значительно меньше: 190—180 для бурого полуккокса, 130—125 для каменноугольного полуккокса, 115—60 для газового кокса и наконец 80—30 для доменного.

9. Определение  $t^{\circ}$  вспышки производится сравнительно редко, гл. обр. при анализе угольной пыли. По Штейнберхеру, применяется металлч. тигель с песком, закрытый асбестовой пластинкой, через к-рую пропущена стеклянная трубка диам. 20 мм; в нее насыпается угольная пыль. Через припаяванную пробку трубки пропущены 2 термометра и трубочка, подводящая кислород (3 л/ч) или воздух (15 л/ч); газы выходят через отверстия в пробке. Нагрев песчаную баню до 80 $^{\circ}$ , начинают пуск кис-

лорода или воздуха, и помощью электрической искры делают пробы на воспламенение.

10. Теплота образования кокса, т. е. количество тепла, которое требуется для превращения 1 кг угля при  $t^{\circ}$  коксования в кокс, газ, водяные и смоляные пары, определяется различными методами, например в калориметрической бомбе, по Штрахе.

11. Изменяемость углей испытывается в лаборатории путем нагрева их и пропускания кислорода или воздуха в специальных аппаратах Денштеда, Эрлмана, Буриана, Парра. Скорость подъема  $t^{\circ}$ , выоста первоначальной  $t^{\circ}$ , с к-рой начинается самонагревание, и самовозгорание в известной период времени (1 ч.) до известной степени характеризуют изменяемость углей. Стандартного метода не имеется.

12. Исследования сухой перегонки при низких  $t^{\circ}$  в лабораторном масштабе Бунте рекомендует производить по способу Фишера-Шрадера: навеска угля в 20—50 г нагревается в алюминиевой реторте до 500 $^{\circ}$  с определенной скоростью; через отводящую трубку пары и газ уходят в охлаждаемый приемник, где конденсируются вода и первичная смола (деготь); газ м. б. собран в измерительном цилиндре над насыщенным раствором поваренной соли и испытан на состав и теплотворную его способность. Грефе применяет обыкновенно стеклянную реторту. В Англии пользуются приборами Кинга.

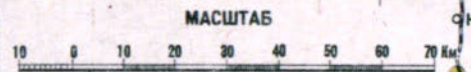
13. Определение содержания в К. у. витрена, кларена, дюрена и фюзена возможно или по внешним признакам—виду, цвету, твердости и т. д., особенно при микроскопическом исследовании, или по уд. в. (кажущемуся или истинному), определяемому по методам Тернера, Шмольке, Хейлстога.

14. Экстрагирование производится или при атмосферном давлении в аппаратах типа Сокслета или под давлением при повышенных  $t^{\circ}$  (напр., по Фишеру, бензолом при 275 $^{\circ}$  и 55 atm). В качестве растворителей применяются также пиридин, анилин (Уиллер и Иллингервер), фенол (Парр), крезол, петролейный эфир, хлороформ и т. д. Комбинированием растворителей можно извлечь не только  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -гитумены, но и отдельные углеводороды (Пикте например выделит 33 вида углеводородов, ароматических и азотистых соединений).

При оценке углей как сырья для химич. промышленности—учитывают их способность к бергнизации, выход метанола, количество водорода при газификации, могущего быть использованным для производства синтетического аммиака и т. д.

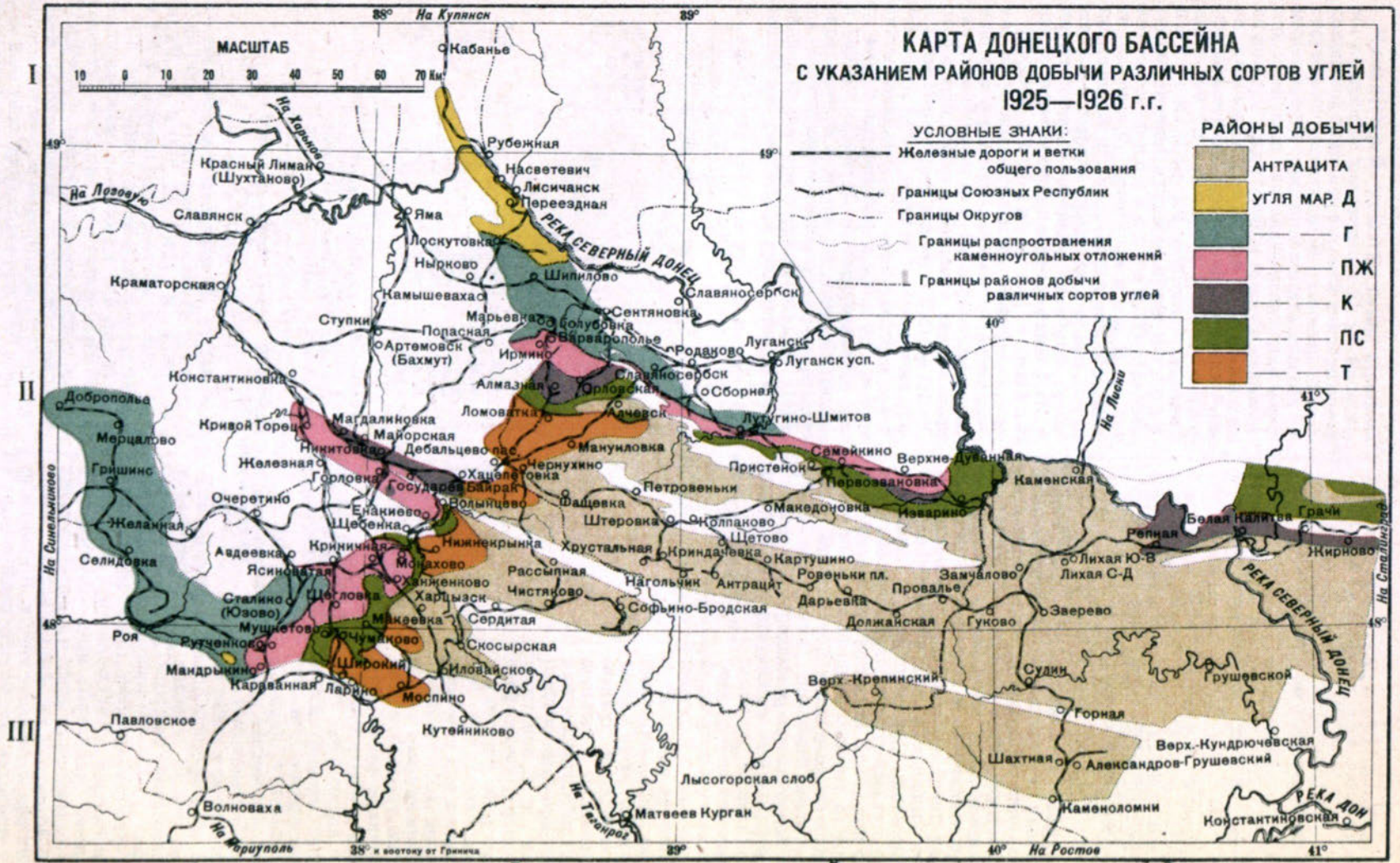
Лит.: «Товароведение», под редакцией Петрова П. и Церетиннова Ф., т. 2, стр. 63—65. М.—Л., 1927; Шахно А. П. и Рапопорт И. Б., «Изв. Теплохимич. ин-та», М., 1927, 9/32; О топливном оборудовании для приготовления проб в лабораторных испытаниях, там же, 1928, 1/34; Пачуков Н. Г., Нефедьев О. В., Уваров В. И., там же, 1927, 10/33, стр. 34—50; Домоносович В. Н., там же, 1929, 1/44; Шахно А. П. Топливо, «Товароведение», под ред. П. Петрова и Ф. Церетиннова, М.—Л., 1926; Bailey E., «Industrial and Engineering Chemistry», New York, 1909, p. 168—179; «Braunkohle», Halle a/S., 1927, 40, 41, 51, 52; Strauch u. Grau, «Brennstoff-Chemie», Essen, 1921, p. 97; Ibid., 1921, p. 155; Ibid., 1922, p. 83; «Gas-u. Wasserfach», Mch., 1921, 6.

# КАРТА ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА С УКАЗАНИЕМ РАЙОНОВ ДОБЫЧИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ УГЛЕЙ 1925—1926 г.г.



- УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ:**
- Железные дороги и ветки общего пользования
  - Границы Союзных Республик
  - Границы Округов
  - Границы распространения каменноугольных отложений
  - Границы районов добычи различных сортов углей

РАЙОНЫ ДОБЫЧИ	
	АНТРАЦИТА
	УГЛЯ МАР. Д
	Г
	ПЖ
	К
	ПС
	Т



Топографический лист 97 У.п.ч. тов. Движения Москва

**КАМЕННЫЙ УГОЛЬ. Сухая перегонка К. у.**, процесс разложения К. у., происходящий под влиянием высокой температуры в отсутствие кислорода. В современной промышленности применяются два способа сухой перегонки каменного угля: один ведется при высоких  $t^{\circ}$  (900° и выше) и называется коксованием или газованием (см. *Коксование*); другой—при низких  $t^{\circ}$  (не выше 700°) и называется полукоксованием. Твердый остаток называется соответственно: в первом случае коксом, во втором—полукоксом. В результате изменений, происходящих в К. у. при повышенной  $t^{\circ}$ , получаются газообразные, жидкие и твердые продукты распада, к-рые имеют состав и характер отличный от веществ, первоначально содержащихся в К. у.

Процесс пиролиза, или термолитиза, К. у. подвергался неоднократно изучению как в условиях промышленности, установок, так и в лабораториях. Из лабораторных исследований особого внимания заслуживают работы Берджеса (Burgess) и Уилера (R. V. Wheeler), к-рые изучали газообразные продукты распада К. у., образующиеся при  $t^{\circ}$  до 400°, с интервалами в 100 и 50°, причем в каждом опыте К. у. выдерживался при определенной  $t^{\circ}$  до тех пор, пока не прекращалось выделение газов; последние отщипывались из реторты ртутным насосом. Полученные ими результаты приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Продукты сухой перегонки каменного угля при низких  $t^{\circ}$  (до 400°).

$t^{\circ}$ . . . . .	До 100°	100—200°	200—300°	300—350°	350—400°
Объем газа в см <sup>3</sup> на 100 г кам. угля	34	65,5	58,5	985	4 000
Состав газа в %					
H <sub>2</sub> S . . . . .	—	—	35,35	1,70	0,7
CO <sub>2</sub> . . . . .	6,7	9,85	20,95	2,85	2,85
CO . . . . .	1,4	2,68	10,60	3,40	3,40
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> . . . . .	0,85	0,85	1,05	1,90	2,35
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . .	1,30	2,90	18,85	17,90	6,15
C <sub>2</sub> H <sub>2n+2</sub> . . . . .	84,65	81,00	18,85	37,22	46,55
H <sub>2</sub> . . . . .	1,90	2,75	18,35	15,35	36,90
O <sub>2</sub> . . . . .	1,65	0,7	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> —0,55	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> —0,15	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> —следы
	C <sub>2</sub> H <sub>2n+2</sub> включают гомологи до C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2n+2</sub> включают только до C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	H <sub>2</sub> S выделяется при 270°; C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> изолирован	Выделение H <sub>2</sub> S при 300° почти прекращается; $t^{\circ}$ крит. лежит ок. 350°	
	Окислородированные газы до 200°		Выделение H <sub>2</sub> O начинается при 200°, смолы—при 310°		

Те же авторы подвергали К. у. действию  $t^{\circ}$  до 1 000°; уголь имел состав (в % по весу): 80,5% С, 5,45% Н, 1,42% N, 2,93% S и 9,7% O. Результаты сведены в табл. 2.

На основании приведенных результатов были сделаны следующие выводы. 1) К. у. содержит вещества двух типов: одни—малоустойчивые, разлагающиеся легко с выделением углеводородов, и другие—разлагающиеся труднее, с выделением H<sub>2</sub> (разложение 2-го типа происходит при 700° и выше); 2) различия в составе продуктов сухой пере-

Табл. 2.—Продукты сухой перегонки каменного угля при высоких  $t^{\circ}$  (500—1 000°).

$t^{\circ}$ . . . . .	500°	600°	700°	800°	900°	1 000°
Объем газа в см <sup>3</sup> на 1 г угля	22	86	110	200	250	281
Состав газа в %						
CO . . . . .	4,5	8,2	8,2	12,5	14,4	16,72
CH <sub>4</sub> . . . . .	45,5	41,7	39,1	29,0	18,8	18,83
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> . . . . .	36,4	22,1	16,3	6,5	6,8	3,84
H <sub>2</sub> . . . . .	13,6	29,0	36,4	52,0	60,0	60,61

гонки К. у. обуславливаются повидимому количественным соотношением указанных двух типов веществ; антрацит напр. содержит минимальное количество неустойчивых соединений. Состав газов, выделяющихся из К. у. при различных  $t^{\circ}$ , изучали и другие исследователи, как Портер и Овиц; результаты, полученные ими, в основных чертах совпадают с результатами, приведенными выше. Момент появления смолы при сухой перегонке К. у. не всегда лежит при одной и той же  $t^{\circ}$ ; последняя зависит от состава К. у. Чем больше летучих веществ содержит уголь, тем ниже  $t^{\circ}$  появления смолы.

Если газообразные продукты сухой перегонки К. у. подвергались детальному исследованию, то нельзя сказать того же относительно смолы, получаемой при низких  $t^{\circ}$  перегонки. Недостаточная изученность смолы объясняется сложностью ее состава и трудностью выделения отдельных индивидуальных веществ. Смолы, образующаяся при сухой перегонке К. у., меняет свой состав в зависимости от того, получена ли она при обыкновенном давлении или в вакууме. Пикте и Буве, нагревая К. у. в вакууме при 430°, получили смолу, состоящую почти целиком из углеводородов и небольшого количества оснований (фенолы отсутствовали); низкокипящие фракции углеводородов были сходны с нефтяными, высококипящие имели запах терпенов и ментола. Джонс и Уилер получили из К. у. в вакууме смолу, которую подвергли перегонке до 300°. Дистиллат содержал: этиленовые углеводороды (40—45%), нафты и парафины (40%), фенолы—главным образом крезолы и ксиленолы (12%), ароматические углеводороды ряда нафталена, очень немного парафинов и следы пиридиновых оснований. Состав и свойства продуктов сухой перегонки К. у., получающихся при низкой  $t^{\circ}$ , сильно зависят от состава исходного угля. Фишер приводит следующие данные, харак-

теризующие выход и состав смолы из различных углей (табл. 3).

Табл. 3. — Выход и состав смолы из различных каменных углей.

Сорт угля	Выход в %	Смолы	Твердых парафинов	Фенолов
Тощий уголь . . .	1,5	0	0	0
Жирный » . . .	3,5	1—2	15—20	
Газовый » . . .	8,0	1—2	30	
Газовый пламенный уголь . . .	12,0	1—2	45	
Вурый уголь, саксонский . . .	24,0	29	15	
Лигнит . . .	2,7	2,0	57	
Кеннельский уголь . . . . .	23,0	—	5,0—10,0	

Караваев и Зеличенко при перегонке донецкого угля получили смолу следующего характера:  $D_{40}^20=0,9962$ , фенолов—23,4%, карбоновых кислот—0,88%, оснований—3,56%, нейтральных масел—68,60%. Характерным для смолы, полученной при полукочковании, является отсутствие в ней бензола, фенола и нафталина, что резко отличает ее от смолы коксовой. Водная часть перегона в зависимости от  $t^\circ$  перегонки имеет или кислый или щелочной характер. До 400° получается кислая вода, далее образующийся  $NH_3$  нейтрализует кислоты, и реакция становится щелочной. Водная часть исследована еще меньше, чем смола. Твердый остаток — полукокс — в зависимости от свойств угля получается или спекшийся или порошкообразный.

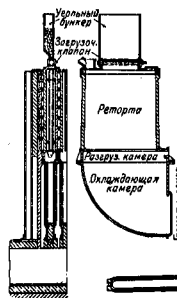
Процесс полукочкования с химич. точки зрения разъяснен еще далеко недостаточно: химич. природа составных частей К. у. известна, в лучшем случае, на 2—3%, поэтому говорить о процессах образования отдельных веществ, получающихся при его распаде, можно только в общих чертах. Известно напр., что фенолы в смоле получаются гл. обр. за счет разложений гуминовых веществ К. у.; углеводороды получаются за счет т. н. смолистой части угля — его битумов. Эти положения являются основными. Поскольку природа и структура гуминовых веществ и битумов угля по большей части неизвестна, постольку и процесс образования даже крупных классов соединений остается невыясненным.

Из физич. явлений, происходящих при коксовании К. у., заслуживает особого внимания переход угля через пластич. состояние. К. у. при  $t^\circ$  между 350 и 500° претерпевает существенное изменение в своей физич. структуре, становясь на нек-рое время пластичным. Битумы, находящиеся в К. у., при этой  $t^\circ$  превращаются в полужидкие вещества, обволакивают отдельные твердые зерна и вызывают спекание угля. В зависимости от количества и свойств битумов полукокс получается либо спекшийся, с ячеистой структурой либо же порошкообразный. Способность давать пластич. массу у нек-рых К. у. выражена столь сильно, что она заставляет вырабатывать соответствующую ап-

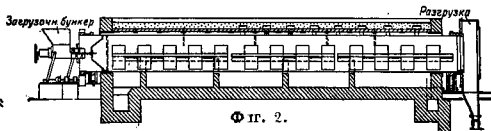
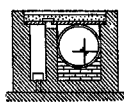
паратуру для полукочкования, т. к. во вращающихся ретортах полукокс иногда спекается в очень крупные глыбы, извлечение

к-рых из реторт ватруднительно. Многообразие систем реторт, применяемых для полукочкования, отчасти объясняется неодинаковым поведением различных К. у. при сухой перегонке. Несмотря на то, что полукочковая промышленность развилась лишь в последние годы, число отдельных систем, предложенных и осуществленных, здесь во много раз больше, чем в коксовой промышленности, насчитывающей уже многие десятки лет своего существования.

Печи для сухой перегонки К. у. при низкой  $t^\circ$  можно подразделить на три основных типа: 1) печи с внешним обогревом через стенки реторт, 2) печи с непосредственным внутренним обогревом горячими нейтральными газами и 3) печи с металлич. ваннами. Печи 1-го и 2-го типов м. б. вертикальными

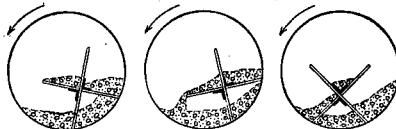


Фиг. 1.



Фиг. 2.

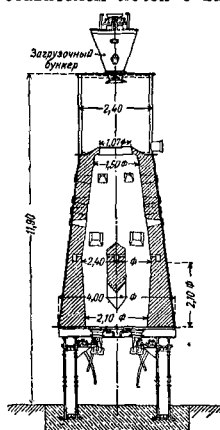
или горизонтальными, неподвижными или вращающимися. Вертикальные печи неподвижного типа существуют нескольких конструкций; они бывают шелевидные и кр у лые. На фиг. 1 изображена реторта для полукочкования, установленная на 8-де Low Temperature Carbonisation Co. (Англия). Реторта сделана из огнеупорного кирпича и имеет форму шели с размерами: ширина 28 см, высота 290 см, большая ось вверху 220 см, внизу 230 см. Разовая загрузка составляет около 700 кг; процесс полукочкования заканчивается в течение 8 часов. Полукокс, который получается из таких реторт, содержит от 7 до 11% летучих веществ. Примером вращающихся горизонтальных



Фиг. 3.

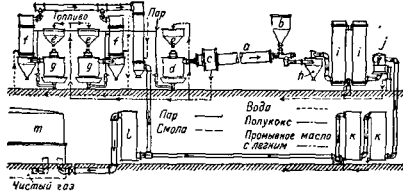
реторт с внешним обогревом может служить реторта «Fusion» (фиг. 2); она имеет цилиндрическую форму и снабжена внутри свободно поставленными крестообразными насадками, к-рые при вращении реторты пересыпают уголь, предупреждая т. о. спекание его в крупные куски. Фиг. 3 дает представление о работе крестообразных насадок. Обогрев этой реторты м. б. сделан не только внешним,

но и внутренним, если пропускать нагретые газы прямо через цилиндр. Типичным представителем печей с внутренним обогревом является вертикальная печь сист. Маклорена (фиг. 4). Полукоксование происходит в ней за счет частичного сгорания угля в самой печи, куда через боковые отверстия подводится воздух с паром. Количество вдуваемого воздуха и паратакого, чтобы поддерживать  $t^{\circ}$  около  $700^{\circ}$ . Процесс полукоксования в этой реторте заканчивается через 20 час., но отгрузка полукокса производится через каждый час в количестве около 550 кг; т. о. данную систему можно рассматривать как непрерывно действующую печь.



Фиг. 4.

Газы из печи поступают в конденсационную установку, где отделяется смола и улавливается аммиак, а остальной газ используется для отопления или для питания силовой станции. Сист. Нильсена осуществляет полукоксование в струе инертного газа; схема этой печи дана на фиг. 5. Горячий генераторный газ из генератора *d* входит в реторту *a*, питаемую углем из бункера *b*, нагревает движущийся навстречу уголь и уносит газообразные и жидкие продукты распада последнего. Сначала газы поступают в сепаратор *h* типа «Циклон», где осаждаются часть



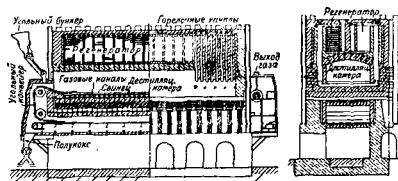
Фиг. 5.

безводной смолы, затем проходят через конденсаторы *i*, где газ окончательно охлаждается до  $20^{\circ}$  и поступают в смолоотделитель Пелуза *j*. Для извлечения легких масел газ промывается в скрубберах *kk*, далее он промывается в *l* водой для извлечения из него аммиака и наконец направляется в газгольдер *m*. Дополнительные генераторы *gg* служат для получения газа, *k*-рым разбавляют газ из реторты; паровые котлы *f* служат для получения пара под генераторы и охлаждения газа. Выходящий из реторты *a* через *p* полукокс идет для питания генераторов *d* и *g* в соответственные бункеры *e*. Очень интересна конструкция реторты Пирон-Караكريсти, в к-рой уголь на железном конвейере движется в ванне из распла-

вленного свинца (фиг. 6). Такая система позволяет поддерживать любую  $t^{\circ}$  и регулировать ее в широких пределах.

Продукты сухой перегонки *K. y.*, получаемые в промышленных установках, отличаются как в количественном, так и в качественном отношении от продуктов, полученных в лабораторных условиях. В табл. 4 приведены выходы различных продуктов из *K. y.* разного состава, по данным испытательной топливной станции в Англии. Отдельные фракции смолы при исследовании их показали состав, представлен в табл. 5.

Газ, получаемый при полукоксовании, отличается от обычного каменноугольного или светельного газа большим уд. весом и более высокой теплотворной способностью. Если



Фиг. 6.

рассматривать этот газ как энергетич. топливо, то с этой точки зрения он не оставляет желать лучшего, но использование его в этом направлении нельзя считать рациональным. Хотя до сих пор полукоксовальный газ утилизируется гл. обр. в качестве топлива, но по своему составу он может служить прекрасным сырьем для производства ряда важных химич. продуктов. Непредельные углеводороды, содержание *k*-рых в газе может доходить до 11%, в главной массе состоят из олефинов и следовательно *m. б.* использованы для получения соответствующих спиртов. Выделение непредельных углеводородов не представляет особых затруднений; оно *m. б.* достигнуто либо химическим путем либо охлаждением и компримированием газа. После выделения олефинов в газе остается еще много насыщенных углеводородов, *k*-рые могли бы найти применение для замены ацетилен при автогенной сварке металлов. Отыскание правильных путей использования газа может сыграть решающую роль в развитии промышленности полукоксования, которая имеет для этого все предпосылки, за исключением экономического фактора, часто складывающегося не в ее пользу. Смола, как видно из приведенных анализов, содержит много кислых веществ, состоящих из высших фенолов, *k*-рые не находят в настоящее время широкого применения; основания этой смолы не содержат пиридина и его производных, и поэтому область их применения также сильно ограничена; наконец нейтральные масла содержат довольно много непредельных соединений, которые обычно удаляют очисткой серной кислотой. Поэтому смола, которая является одним из главных продуктов полукоксования, поставлена в тяжелые условия конкуренции с дешевыми и чистыми нефтяными продуктами; проблема ее переработки также ждет своего разрешения.

Табл. 4.—Выходы и свойства различных продуктов сухой перегонки каменного угля.

№ каменного угля . . . . .	1	2	3	4	5	6	7
Анализы углей (состав в %)							
Влага . . . . .	7,2	3,5	2,17	6,37	0,95	9,04	4,94
Зола (на сухой уголь) . . . . .	11,21	5,28	8,47	4,21	5,26	13,12	9,15
Летучие продукты . . . . .	32,15	33,17	30,39	33,40	31,43	33,01	30,28
Углерод . . . . .	72,24	78,57	70,77	77,25	80,84	64,73	73,57
Водород . . . . .	4,38	4,82	4,55	4,68	5,08	4,91	4,84
Сера . . . . .	2,78	1,95	1,20	1,33	1,47	2,40	1,96
Азот . . . . .	1,51	1,45	1,48	1,48	1,64	1,31	1,49
Кислород . . . . .	7,90	8,73	7,53	11,02	5,61	13,53	8,99
t° процесса . . . . .	580°	550°	600°	600°	600°	600°	600°
Выходы продуктов на 1 т угля в %							
Полукокс . . . . .	68,5	71,70	77,12	69,70	77,88	68,50	73,00
Смола . . . . .	7,03	7,55	6,33	7,83	7,45	5,52	6,99
Водный дистиллат . . . . .	14,37	8,56	7,34	11,88	4,03	16,93	11,08
Газ . . . . .	9,18	9,27	8,36	9,91	9,47	8,60	8,03
Потери . . . . .	6,92	2,92	0,85	0,68	1,14	0,45	0,86
Свойства продуктов							
Полукокс	Содержание летучих веществ в полукочсе в % . . . . .	10,06	11,19	8,35	11,81	9,29	8,83
	Уд. в. газа (воздух=1) . . . . .	0,81	0,75	0,8	0,74	0,81	0,87
Газ	Теплотворная способность газа Салм <sup>3</sup> . . . . .	8 000	8 900	9 170	8 080	9 700	9 270
	Уд. в. смолы при 15° . . . . .	1,03	1,03	1,033	1,031	1,036	1,063
СМОЛЫ	Перегоняется при t° . . . . .	3,3	13,2	19,1	7,4	10,6	7,6
	» » от 170 до 230° . . . . .	19,5	15,1	19,4	23,6	16,1	16,3
	» » » 230 » 270° . . . . .	15,3	10,7	12,8	12,9	13,9	13,5
	» » » 270 » 310° . . . . .	—	—	11,8	—	12,3	18,1
	» » » 310 » 350° . . . . .	25,0	22,6	—	9,0	—	—
	» » » 350 » 400° . . . . .	30,1	30,2	46,6	42,4	45,1	45,7
Водн. дистиллат	Потери . . . . .	6,8	8,2	0,3	5,7	2,0	0,9
	Содержание NH <sub>3</sub> в водном дистиллате . . . . .	—	0,84	0,45	0,47	0,64	0,74
Состав газа							
CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> S . . . . .	—	—	7,10	—	5,4	11,05	7,20
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> +C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> . . . . .	—	—	52,40	—	49,50	41,80	48,30
Углеводороды непредельные . . . . .	—	—	8,55	—	11,50	9,45	9,55
O <sub>2</sub> . . . . .	—	—	1,30	—	1,8	1,75	1,85
CO . . . . .	—	—	2,40	—	5,0	7,05	7,05
H <sub>2</sub> . . . . .	—	—	16,00	—	15,70	17,80	15,00
N <sub>2</sub> . . . . .	—	—	9,25	—	10,80	11,30	10,95

Последний продукт—полукокс—по своим свойствам является превосходным топливом. Главное отличие его от К. у. заключается в табл. 5.—Состав отдельных фракций смолы (в %).

Фракции	№ угля	Кислотных веществ	Основной	Нейтральных масел
До 170° . . . . .	3	4,0	7,0	89,0
	5	2,5	11,5	86,0
	6	7,3	9,7	83,0
	7	4,3	6,8	88,9
170—230° . . . . .	3	43,0	3,0	54,0
	5	43,5	2,6	53,9
	6	52,0	4,0	44,0
	7	46,0	3,5	50,5
230—270° . . . . .	3	40,5	5,5	54,0
	5	39,0	5,5	55,5
	6	50,1	5,4	44,5
	7	44,0	5,0	51,0
270—310° . . . . .	3	26,0	6,0	68,0
	5	26,5	5,5	68,0
	6	36,0	6,0	68,0
	7	30,5	6,5	63,0

том, что он сгорает почти без дыма, и следовательно потери от химич. неполноты сгорания здесь снижаются до минимума. Какое значение может иметь этот фактор в хозяйстве отдельных стран, видно из того, что по подсчетам, сделанным для Англии, приблизительно 1% всего сжигаемого топлива уносится в атмосферу в виде дыма. Поскольку полукоксу приходится конкурировать с К. у., цена его не может значительно превышать цену угля (допустимая разница в ценах должна определяться преимуществами полукокса с точки зрения топливной экономики). Принимая во внимание, что полукокс по выходу составляет главный продукт и рыночная стоимость его д. б. близка к стоимости К. у.—для промышленности полукоксования необходимо изыскать такие пути использования газа и смолы, к-рые бы не только окупали расходы по производству, но и позволяли снизить отпускную цену полукокса до цены К. у. При удачном разрешении этой проблемы все угли, богатые летучими веществами, будут подвергаться полукоксванию прежде, чем поступать в топку печей.

Несмотря на конкуренцию и трудные условия, полукоксование медленно завоевывает



себе место наряду с другими отраслями промышленности. Районы, где имеется много газовых и длиннопламенных К. у. и мало коксовых, особенно подходящие для развития полукочкования, т. к. полукочки, будучи примешан к сырому углю, дает такую смесь, к-рая позволяет получать металлургич. кокс. Установки, использующие процесс полукочкования в этом направлении, имеются на С. Франции и хорошо зарекомендовали себя как с экономической, так и с технической стороны. В СССР полукочкование может развиваться главным обр. в Сибири, где отсутствует нефть и имеются залежи К. у. подходящего типа, дающих большой выход смолы и высококого качества газ и полукочку.

Лит.: Булгаков Г. И., Кочкование и полукочкование в Германии, «Уголь и железоз», Харьков, 1927; Vrethstoft-Chemie, Essen; Fuel in Science and Practice, L.; «Journal of the Fuel Society of Japan», Tokyo; Roberts J., Coal Carbonization, L., 1927; Lewis V. W., The Carbonization of Coal, 2 ed., London, 1918; Bone W. A., Coal as Its Scientific Uses, London, 1921.

**КАМЕРА ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ**, аппарат для получения фотографич. изображений, б. ч. негативных (см. *Фотография*). В принципе устройство К. ф. очень просто: она может состоять из вычерненной внутри коробки, в передней стенке которой сделано отверстие, выпускающее свет, а в задней помещается светочувствительный материал. Такие К. ф. в нек-рых случаях применяются в художественной фотографии, но для обычных целей они неудобны. Для увеличения яркости изображения на матовом стекле в переднюю доску вставляют *объектив* (см.) — простую или сложную стеклянную линзу; светочувствительный материал помещают в кассету, к-рая м. б. сменена на свету или заменена матовым стеклом; расстояние между передней и задней стенкой делается переменным (посредством складчатого меха), для резкой наводки на фокус близких и отдаленных предметов; иногда в К. ф. помещается затвор, позволяющий точно регулировать экспозицию, и видоискатель для определения того, какая часть видимого пространства попадет на пластинку.

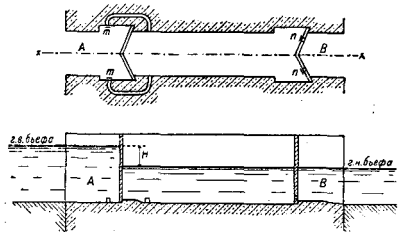
В настоящее время известно громадное число видов К. ф. Наиболее распространенные м. б. систематизированы по следующей схеме (А. М. Донде). 1. К. ф. с длинным складчатым мехом: а) с подвижным матовым стеклом — дорожные, англ. типа; б) с подвижной объективной доской — фолдинг-камеры, или складные; в) с подвижными матовым стеклом и объективной доской — крупные репродукционные и павильонные камеры, предназначенные для серьезной работы по репродукции и для портретов в ателье. К. ф. типа II, клапш-камеры, с коротким нескладчатым мехом, допускают более точную работу, чем камеры типа Iб, но значительно более громоздки. Обычно они устраиваются со шторными затворами и применяются для быстрых спортивных съемок, а также туристами. В последнее время эти камеры вытесняются камерами других типов. К. ф. типа III — нескладывающиеся: а) с наводкой на фокус выдвижным объективом и б) без наводки на фокус; они предназначаются для снимков

малых размеров и для малых фокусных расстояний; в этом случае можно обойтись постоянным фокусом. При больших фокусных расстояниях необходима наводка, которая осуществляется перемещением объектива, в оправе, снабженной винтовой нарезкой. К камерам этого типа принадлежат как самые простые и дешевые К. ф. («гном», «брауни» и др.), так и весьма дорогие и совершенные [напр. стереоскопич. камеры *вераскоп* (см.), полископ и др.], малые камеры с сверхсветосильной оптикой — «эрманокс» и др. К. ф. типа IV — з е р к а л ь н ы е — отличаются тем, что позволяют видеть изображение на матовом стекле (поставленном под углом в 90° к объективу) до самого момента съемки. В момент съемки, одновременно с открыванием затвора, зеркало особым приспособлением откидывается вверх и пропускает лучи от объектива к светочувствительному материалу. Это позволяет применять камеры этого типа для самых быстрых спортивных и репортажных съемок. Обычно зеркальные камеры снабжаются шторным затвором и делаются или нескладывающимися (в виде коробки) или складными.

В последнее время получили большое распространение весьма совершенные маленькие К. ф., снимающие на кинолентке до 36 маленьких снимков, выдерживающих большое увеличение. См. *Фотографические аппараты*.

**А. Рабинович.**

**КАМЕРНЫЙ ШЛЮЗ**, сооружение между двумя бьефами (участками) судоходной системы (реки, каналы, моря и т. п.), лежащими на различной высоте, служащее для подъема и опускания подвижного состава из одного бьефа в другой. К. ш. устраивается или непосредственно у плотины реки или в особых каналах, называемых обходными, или деривационными. В первом случае К. ш. состоит из двух шлюзовых частей или полушлюзов в виде ворот А и В (фиг.), отстоящих друг от



друга на таком расстоянии, что между ними свободно помещается подвижной состав, и соединяющих ворота двух боковых стенок. Пространство, огороженное боковыми стенками между шлюзовыми частями, носит название *к'а м е р ы*.

Шлюзовые части называются *г о л о в а м и ш л ю з а*; голова шлюза, примыкающая к верхнему бьефу, называется *в е р х н е й*, примыкающая к нижнему — *н и ж н е й*. Шлюзовые части снабжаются воротами — *ш л ю з о в ы м и* или *д в у с т о р о ч а т ы м и*. Камера сообщается с верхним и нижним бьефом или посредством водопроводных каналов со шитами *т* или посредством окон в воротах со шитами *н*.

Для проводки подвижного состава из нижнего бьефа в верхний закрывают шиты *m* и верхние ворота, к-рые испытывают давление воды, соответствующее разности горизонтов *H*. Нижние ворота, подверженные одинаковому давлению с обеих сторон, свободно открываются, после чего через них вводят в К. ш. подвижной состав.

Для вывода подвижного состава из камеры в верхний бьеф закрывают нижние ворота и шиты в них *n*, открывают шиты *m* и наполняют камеру водой до горизонта верхнего бьефа, после чего открывают верхние ворота и выводят подвижной состав из камеры.

Для проведения подвижного состава из верхнего бьефа в нижний при открытии верхних воротах, вводят в камеру подвижной состав, закрывают верхние ворота и шиты *m*, после чего, открыв шиты *n*, спускают горизонт воды в камере до уровня нижнего бьефа, открывают нижние ворота и выводят судно в нижний бьеф.

При проведении подвижного состава из верхнего бьефа при закрытых верхних воротах или из нижнего в верхний при закрытых нижних воротах, уравнивают в камере горизонт воды с тем бьефом, из к-рого идет судно, открывают ворота, вводят судно в камеру и выводят после того, как сравняют горизонт воды в камере с горизонтом того бьефа, в к-рый судно водится. Типы, расчет и детали шлюзов см. Шлюзы.

Лит.: Зброжек Ф. Г., Курс внутренних водных сообщений, 3 изд., П., 1915; А. у в о в К. А. и К. о з а о в Р. А., Курс внутренних водных сообщений, т. 2.—Джукотские водные пути, Москва—Ленинград, 1928. А. Малабугин.

**КАМЕРТОН**, U-образный изогнутый металлический стержень, способный совершать поперечные колебания, при которых ветви его сближаются и расходятся; при этом на них создается четное число узловых точек (не менее двух). Колебания с двумя узлами дают основной тон, с большим числом узлов—его негармонич. обертоны (см. фиг.). Основное число колебаний определяется эмпирической формулой (Меркадь):

$$N = k \cdot \frac{d}{(l + \lambda)^2},$$

где *d*—толщина ветвей в плоскости колебания в мм, *l*—длина ветвей от узловых точек в мм, *k* = 818 270,  $\lambda$  = 3,8 мм. Отношение чисел колебаний основного тона и обертонов (по Ауербаху) таково: 1:6, 2:18, 3:35:58. Кроме того камертон создает гармонические обертоны (октаву), которые возникают не в К., а в окружающем воздухе и обусловлены несимметричными колебаниями его частиц (Линдг). К. могут давать от 16 до 90 000 колебаний в секунду; интенсивность обертонов сравнительно с основным тоном незначительна; затухание К. мало, и колебания его очень постоянны по частоте ( $l^0$ -ный коэф.—0,0001 на  $l^0$ ). Поэтому К. применяются в музыке и в акустике как источники звуков постоянной высоты и как источник чистых тонов. К., приводимый в колебание элек-

тромагнитом, помещенным между его ветвями,—причем ток электромагнита замыкается колебаниями ветвей К.,—применяют в качестве прерыватели с постоянным числом прерывов или как приспособление для записи промежутков времени. Для увеличения звуковой отдачи К. помещают на резонаторном ящике.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 8, V., 1927. П. Беллюев.

**НАМЕДРОБИЛНИ**, машины для дробления и измельчения различных горных пород и строительных материалов. К. разделяются на два типа: щелевые и конические (центробежные). Ответственными частями щелевой К., к-рыми собственно производится дробление, являются установленные под острым углом плиты (щеки), в промежутке между к-рыми забрасывается предназначенный для дробления материал. См. Дезинтегратор, Дробилки и Дробление.

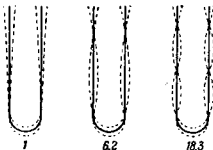
**КАМНЕРАЗНОЕ ДЕЛО**, обработка поделочных и цветных камней для изготовления художественных изделий, украшений и мелких предметов повседневного и технического употребления.

**Материал для камнерезных работ.** Поделочные и цветные камни, в соответствии с типом их обработки, м. б. разделены на две основные группы: 1) мягкие камни, напр. алебастр, агальматолит, сепиолит, тальк, гатат, янтарь, и 2) твердые камни, куда относятся: яшма, кварц, халцедон, родонит, лабрадор, лазурит, нефрит и т. п. Мягкий камень свободно режется обычными металлич. инструментами, тогда как для обработки твердых пород требуется б. ч. применение вспомогательных абразивных материалов (см.). Зернистые породы средней и высокой твердости (мрамор, гранит) допускают в известных случаях применение инструментов ударно-скальвающего типа.

Выбор материала является весьма ответственной задачей в К. д. Помимо структурных и технич. свойств камня, важных с точки зрения назначения изготавливаемых предметов (твердость, прозрачность, кристаллоптич. свойства, однородность и пр.), в большинстве случаев является также существенным и ряд требований художественного порядка, в особенности когда мастер имеет дело с пестрыми и узорчатыми породами. Здесь приходится определять те плоскости разреза, по которым камень д. б. «раскрыт» для достижения наилучшего художественного эффекта. Необходимо также удостовериться в отсутствии внутренних пороков камня—пустот, раковин, трещин, вrostков и пр. С этой целью приходится делать частичную распиловку камня или сравнивать уд. в. различных кусков камня той же породы; в последнее время начались попытки применения рентгенографии.

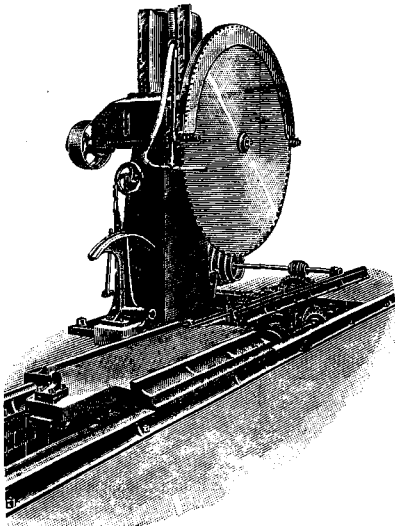
**Обработка камня.** Состоит в распиливании, высверливании, шлифовке и полировке камня.

Ра сп и л и в а н и е составляет или главную часть работы (при получении например плит и фигур, ограниченных плоскими поверхностями) или же дает первое приближение к намеченной форме и удаляет излиш-



1, 2, 3. Основное число колебаний определяется эмпирической формулой (Меркадь):

ний материал, затрудняющий дальнейшие более тонкие манипуляции (опиливание при художественных работах). Распиливание производится при помощи ленточных, тросовых или круглых пил, с обязательным применением какого-нибудь абразивного материала, помещаемого между обрабатываемым камнем и рабочей поверхностью пилы. При выборе абразива, материала принимают в расчет как твердость камня, так и требуемую быстроту работы; поэтому при распиловке, напр. мрамора, пользуются или ленточными пилами с обыкновенным кварцевым песком, или карборундовыми фрезерами, или же наконеч дисковыми алмазными пилами. Лезвие ленточной пилы, из железа



Фиг. 1.

или стали большей или меньшей твердости, натягивается на раму, движущуюся с помощью шатуна между неподвижными станинами. Камень располагается под пилой на неподвижной подставке или на площадке, снабженной колесиками и могущей передвигаться на рельсах. Для распиловки крупных блоков на плиты существуют станки с 40, 60 и 80 параллельно натянутыми пилами. Абразивный материал подбрасывается в разрезы камня в течение всей работы. В т. н. т р о с о в ы х пилах лезвием служит металл. трос, который натягивается на раму или огибает вращающиеся ролики в виде бесконечного троса. Круглые (дисковые) пилы, из железа, стали или бронзы, изготавливаются с диам., достаточным для распиливания камня от 30 до 65 см толщиной; для мрамора применяются круглые пилы с диам. до 3 м. Если камень велик, он обычно помещается на особой площадке, автоматически двигающейся под пилой вдоль рельсов. Величина, мощность и скорость работы этого рода машин варьируют в широких пределах; абра-

зионным средством служат алмазы, вправляемые в цилиндр. поверхность пилы—«диамантированные» пилы (фиг. 1). Металлические диски с алмазами заменяются иногда слошными карборундовыми дисками фрезерного типа. Для работ над небольшими штуфами твердого камня употребляются дисковые алмазные пилы; здесь металл. диск пилы снабжен мелкими насечками на цилиндр. поверхности для натравливания алмазным порошком. В распиловочных станках Петергофской фабрики обрабатываемый предмет подводится к диску пилы не снизу, а сверху. Для устранения нагрева пилы и уменьшения ее изнашивания, а также для более прочного удержания алмазной пудры в насечках, под нижний край диска подставляется плоская коробочка с керосином или маслом. Этим значительно уменьшается пылеобразование, вредное для здоровья рабочего.

В ы с в е р л и в а н и е. Для этой цели служат станки с одним или несколькими вертикальными трубчатыми сверлами разных величин и диаметров. Обычно режущим материалом (при высверливании тверд. камня) служит наждак или карборунд; перед началом работы на камне намечают площадь будущей высверловки и вылепливают на ней из глины полый цилиндр, центр основания к-рого точно совпадает с центром отверстия. В цилиндр насыпается абразивный порошок, и приливается вода; затем сверло опускается в цилиндр, и станок приводится в движение. При вращении сверла абразивный материал располагается не только вокруг него, но и входит внутрь сверла через имеющиеся в нем отверстия.

При подготовке первоначальных болванок для сложных декоративных и художественных изделий из твердого камня мастер различным образом комбинирует приемы распиловки и высверливания, стараясь получить отдаленное и грубое подобие будущего изделия. После этого начинается серия сложнейших и кропотливых приемов для выработки деталей намеченной формы для устранения лишнего материала и для заглаживания дефектов первоначальной обработки (запилы, зарезы и т. д.). Выработка деталей ведется с помощью обширного набора орудий, среди к-рых главная роль принадлежит оловянным, свинцовым или свинцово-оловянным дискам различных профилей, форм и диаметров. Эти диски навинчиваются на горизонтальный шпиндель станка. Для obtачивания плоских поверхностей служат диски с прямоугольным профилем, причем диск может работать как своей цилиндрич. поверхностью, так и плоскостью своего основания. Углубленно-сферические поверхности получают с помощью выпуклых дисков (грибков), а выпукло-сферические—средством чапеобразных дисков. Диски, несущие на своей окружности желобок, служат для получения валика на изделии; диски с выпуклостью—для выработки желобка. Все рабочие поверхности дисков натравливаются наждаком или карборундом. Глубокие сферич. углубления получаются путем последовательного «выбирания» камня шкивом (диском) прямоугольного сечения; по получении одного дугового вреза камень позво-

рачивается, и диск выбирает другую дуговую выемку; многократным поворачиванием камня достигается слияние отдельных дуговых вырезов в сплошное сферическое углубление. Получающиеся при этом неровности и зазоры сглаживаются особым вращающимся «грибком». Наряду с металлическими дисками для этих работ обычно применяются абразивные диски разных форм и диаметров из корунда, карборунда, алундума и др. Для обработки поверхностей вращения служат станки токарного типа, где вращающаяся каменная болванка подвергается действию неподвижно укрепленного резца или абразивного орудия.

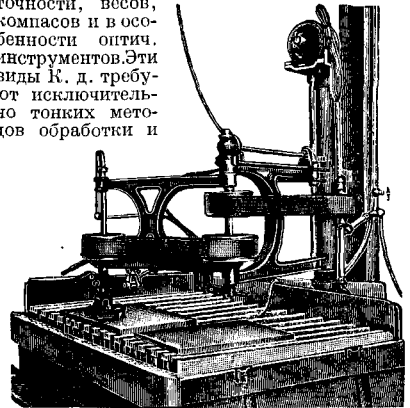
Все эти работы м. б. обособлены друг от друга, а равно от следующей за ними шлифовки лишь условно. Часто смена одного процесса другим делается путем незаметных переходов и постепенной замены грубых абразивных материалов более тонкими. Таким образом практически все эти работы составляют единый процесс, подчиненный материалу и форме вырабатываемого изделия. От станка с диском мастер переходит к подравниванию камня на терке, медной доске, покрытой абразивным порошком, от терки— снова к станку. Различные мастерские часто пользуются различными приемами для аналогичных работ. Чисто ручная работа, без всякого участия машины, занимает большое место в обработке твердых камней. Иногда величина предмета (крупные изделия скульптурного типа) исключает возможность рационального применения машины, и детали вытачиваются вручную при посредстве различных брусков и оселков, смачиваемых водой.

**Шлифовка.** Простейшим типом шлифовального аппарата, пригодным для шлифовки небольших предметов, является станок с горизонтальным или вертикальным вращающимся кругом. Шлифовка отдельных частей крупных изделий производится ручным способом оселками, брусками и медными или же агатовыми терками, укрепленными на деревянных рукоятках. Для шлифовки тел вращения используются станками токарного типа. Для шлифовки (и последующей полировки) плоских поверхностей служит особый коленчатый станок (фиг. 2), главную часть которого составляет шлифовальный круг, обращенный рабочей плоскостью книзу и вращающийся на вертикальном валу на конце подвижной, коленчатого рычага. К нижней части круга м. б. прикреплено или грубо шлифующее орудие для работы карборундом или наждаком (п у р а л к а) или войлочная подушка, работающая тонкими полировальными порошками. В результате шлифовальных работ получают на изделии ровную и гладкую наощупь, но еще матовую и тусклую поверхность.

**Полировка** имеет целью сообщить поверхности изделия чистый зеркальный блеск и вместе с тем обнаружить во всей полноте колористич. достоинства камня и пестроту его узоров. Полировка отличается от шлифовки большею длительностью работы и применением более тонких и нежных абразивных материалов. Твердые камни, как корунд, кварц, нефрит, агат и др., обычно

полируются трепелом, разведенным водой или маслом; вместе с трепелом употребляется зеленый крокус. Для более мягких пород, напр. для мрамора, употребляется так наз. итальянский порошок (окись олова), наносимый на увлажненные войлочные круги или щетки. Для наведения окончательного глянца и удаления попавших в мельчайшие трещины и поры частиц зеленого крокуса употребляется на русских фабриках так наз. «с о т а в», получаемый обработкой олова азотной k-той и смешиваемый с серой; для работы с этим составом употребляется трипичная «кукла».

Особое место в ряду камнерезных работ занимает обработка камня для научных и техн. целей: для изготовления тонких научных приборов, механизмов высокой точности, весов, компасов и в особенности оптич. инструментов. Эти виды к. д. требуют исключительно тонких методов обработки и



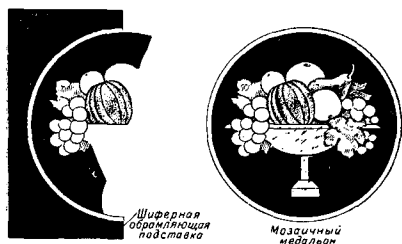
Фиг. 2.

совершенного знания всех специфич. особенностей камня. Напр. при изготовлении оптич. линз из прозрачного флюорита или никелевых призм из исландского шпата необходимо считать с резко выраженной спайностью этих минералов. При применении прозрачного горного хрусталя для оптических чечевиц, призм и цилиндров требуются особая установка камня, соответственно его кристаллографическим свойствам, и тончайшая, безукоризненно точная его шлифовка и полировка. При обработке пьезокварца особенно важно подобрать лишь одиночные кристаллы минерала, а не двойники. В ходе работы предусматриваются все детали, обеспечивающие безукоризненность отделки камня; шлифовочному кругу придается например вертикальное положение для избежания оседания пыли, могущей быть причиной мельчайших царапин на камне.

**Техника гравирования и мозаики.** Техника гравирования на камне представляет ту особенность, что здесь во всех стадиях работы инструмент сохраняет неизменную установку, мастер же манипулирует изделием. Применяемый для гравирования станок представляет собою горизонтально вращающийся шпиндель, в который могут быть вставляемы различного рода резцы с цилиндрическим,

шаровым или дискообразным окончанием, направливаемым алмазной пудрой.

Гравирование на камне можно подразделить на два основных вида: 1) собственно гравировное, или резное, дело и 2) художественное (рельефно-скульптурное) гравирование. К первому виду относятся: а) врезывание на гладких (обычно небольших) поверхностях камня плоских рисунков, гербов и монограмм, с последующим их заполированием; для этой цели может служить любой твердый и красивый камень, но лучшим материалом здесь издавна считались все разновидности халцедона, телиотропа и лазурит; б) и в) врезывание в камень (обычно в черный агат) других камней в виде граненых вставок или



Фиг. 3.

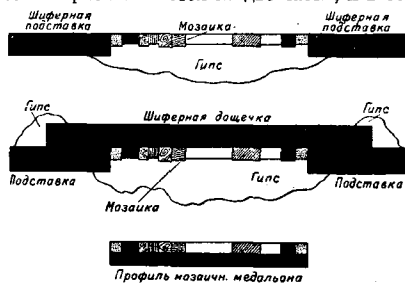
составных кусочков; этот вид гравировки связан с отделкой мелких частей камня и является до известной степени переходом к мозаичным работам; в) врезывание различных орнаментов, цветов и фигур на плоской стороне прозрачного кварцевого кабошона; рассматриваемое сквозь выпуклую поверхность кабошона изображение принимает рельефный характер. Иногда выгравированный рисунок покрывается красками.

К виду рельефно-скульптурной, художественной или высокой гравировки относятся камни (выступающий рельеф) и интальо (углубленный рисунок). Для камней и интальо пригоден всякий камень, но излюбленным с древних времен материалом являются параллельнополосатые разновидности халцедонов с различно окрашенными полосами. Подготовка камня к резьбе сводится к описанным выше процессам выпиливания, подравнивания, шлифовки. Обычно двуцветный камень, напр. черно-белый оникс, подготавливается к вырезыванию камня с таким расчетом, чтобы получить белую выпуклую фигуру на черном фоне; для интальо работу начинают с темной части с тем, чтобы самая фигура была вырезана в белом слое. Иногда употребляются и трехслойные пластинки камня (сердоликовый оникс; на такой пластинке можно получить напр. белую фигуру с красными волосами на темном фоне).

Мозаичные работы. Простейшим типом мозаики является составление приблизительно одинаковых по величине прямоугольных кусочков разноцветных, равно окрашенных камней. Этот тип мозаики в различных вариантах широко применялся

в разные времена в орнаментно-строительном деле; несколько сложнее представляется мозаичный орнамент из узорно вырезанных форм цветного камня. Особым типом мозаики, изобретенной русскими камнерезами, являются работы из накладных пластинок красивых цветных камней, которые вследствие своей редкости и высокой цены не м. б. получены в больших глыбах (лазурит, малахит и др.). Работа сводится здесь к вырезыванию из камня тонких пластинок (каменной фанеры) и к искусному их соединению. Накладные на медную доску или на форму, выточенную из какого-нибудь дешевого материала (сланца, змеенка, известняка), эти пластинки производят впечатление монолитного камня.

Наиболее тонким и ответственным в художественном отношении типом мозаичных изделий являются работы по составлению сложных цветных рисунков и картин (фиг. 3) из многочисленных разноцветных кусочков камня, вырезанных в самых разнообразных формах и размерах. Этот тип работ, зародившийся в Италии, сохранил за собою название флорентийской мозаики (pietra dura). Техника этих работ очень сложна. Подбору мозаики предшествует ряд подготовительных манипуляций. Точный контур рисунка или картины, служащей моделью задуманной мозаичной композиции, снимается на толстую ватманскую или александрийскую бумагу. Приготавливается подставка—шиферная досочка (фиг. 4), размеры которой несколько превышают площадь будущей мозаики. Назначение шиферной «подставки»—служить временным обрамлением мозаичному набору в процессе его складывания. Перед началом работы подставка распиливается на две части, и обе



Фиг. 4.

стороны от линии распила на ней вырезываются (по бумажной копии) внешние очертания будущего набора. Обычным материалом для мозаичных работ служат пестроцветные яшмы, нефрит, лазурит, кахолонг, серпентин, малахит и др. Из каменной выпиливается ряд пластинок толщиной в 2—3 мм. Пластины отшлифовываются с одной стороны. Выбрав исходный участок у края картины, мастер выбирает из подготовленных каменных пластинок подходящий по окраске и тону кусочек и, сообразуясь с его размерами, вырезывает ножом из бумажного снимка соответствующую часть. Эта бумажная вырезка служит образцом каменной мозаичной части-

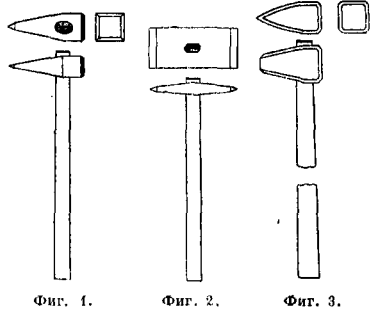
цы; по его контуру на цветной пластинке выпиливается круглой алмазной пилой наметенный кусочек, который шлифуется по краям тонким наждаком или карборундом и приклеивается особой мастикой к соответствующему месту обрамляющей подставки. Шлоски кусочки мозаики склеиваются друг с другом только тонкими краями, а для придания всей работе надлежащей прочности нижняя сторона набора временно закрепляется на гипсе. По мере того как набор подходит к концу, к нему присоединяется вторая половина обрамляющей подставки. По выполнении всей композиции мозаика прикрепляется лицевой частью к гладкой шиферной доске, и гипсовое основание набора удаляется постепенным стачиванием на горизонтальном металлическом круге, после чего нижняя часть мозаики подравнивается на медной терке. Затем все временные вспомогательные части (подставка, верхняя шиферная доска) снимаются, и готовый мозаичный набор окончательно наклеивается на постоянную металлическую или каменную подкладку и полируется.

Инструментами при мозаичных работах служат: дисковая алмазная пила от 0,5 до 10 см в диаметре, трубчатое или простое сверло и маленький шлифовальный круг—карборундовый, наждачный или металлический. Все эти инструменты могут заменять друг друга на шпинделе одного небольшого станка—лучше всего с ножным приводом, дающим возможность более легкой регулировки вращения при этой тонкой и кропотливой работе.

**Каменерезная промышленность.** Центры К. д. за границей—Идар-Оберштейн, где имеются десятки мастерских, обрабатывающих главн. обр. привозной америк. камень, и Турнау в Чехо-Словакия. В России расцвет К. д. относится к периоду 20—50-х гг. 19 века, когда изделия трех каменерезных и гранильно-шлифовальных фабрик (Петергофской, Екатеринбургской и Кольванской) приобрели широкую известность. Особенных успехов достигла Петергофская фабрика в художественных гравировках и флорентийской мозаике. После революции русское каменерезное дело было возобновлено трестом «Русские самоцветы». В настоящее время оно сосредоточено в Отделе силикатных искусств Академии художеств, который ограничил его обработкой мягких камней и изготовлением технических изделий из твердого камня.

**Лит.:** Ферсман А. Е., Драгоценные и цветные камни СССР, т. 3 (пет.), с. 60—62, Самоцветы России, П., 1924; Ферсман А. и Шубников А., Задачи в области обработки цветного и драгоценного камня. Новые приемы обработки камня, «Труды Ин-та прикл. минералогии и петрографии», в. 49, М., 1924; Ферсман А. Е. и Владислав Н. И., Гос. петергофская гранильная фабрика в ее прошлом, настоящем и будущем, П., 1922; Фелькнер А. А., Халцедон и его применение в искусстве, «Старые годы», П., 1916, март, стр. 3—15; Мелликнов М., Обработка цветных камней в Екатеринбурге, «Ж», 1885, 11; Шиллер В. М., Драгоценные камни, СПб, 1896; Вауер М., Edelsteinkunde, 2 Auflage, Leipzig, 1909; Rau W., Edelsteinkunde f. Mineralogen, Juweliere u. Steinhalder, Wiesbaden, 1907; Krauss E. H. u. Holden E. F., Gems a. Gem Materials, New York, 1926; Dreher J. C., Ursprung, Geschichte u. Technik d. Achat- u. Edelstein-Industrie von Oberstein-Idar, «Deutsche Goldschmiedezitung», Leipzig, 1928, 37. Г. Будьянов.

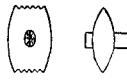
**КАМНЕТЕСНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ.** Камнетесная работа имеет целью сообщить камня ту форму, которая требуется от них при



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Фиг. 3.



Фиг. 4.

кладке стен, потолка, перемычек, сводов, набережных, мостовых быков, лестничных площадок и ступеней, подоконников, тротуаров и проч. Для этого применяются следующие инструменты: 1) кирка (фиг. 1), весом до 18 кг; 2) тесовики (фиг. 2), большой—весом 5—8 кг и малый—3—4 кг; 3) кирорубатка (фиг. 4); 4) долото (фиг. 5)—от 0,8 кг; 6) скарпель (фиг. 6); 7) киянка—небольшой молот, весом до 2 кг, служащий для ударов по долоту или скарпели; 8) пила ручная, сходная со столярной лучковой пилой, но значительно большего размера, без зубьев. Все эти инструменты, за исключением киянки и пилы, изготовляются из лучшей инструментальной стали, причем лезвия и задки их закаливаются с отпуском при 240°; киянка делается из стали с содержанием 0,3—0,5% углерода, причем бойки закаливаются с отпуском при 285°; пила изготовляется из тигельной стали высшего качества и закаливается без отпуска. Все инструменты не должны иметь раковин, трещин, а лезвия, бойки и задки должны быть кроме того свободны от плен и волосатин. Испытание инструментов (кроме киянок и пил), если они не может быть сделано в лаборатории, производится 10 ударами по камню твердой породы, причем лезвия не должны затупляться и получать каких-либо дефектов. Простейший способ испытания закалки заключается в пробном слесарным напильником, к-рый должен скользить по закаленным частям, но не ввязнуть и не царапать; по бойкам киянки напильник должен слегка ввязнуть, а посредине молотка слегка царапать.

Фиг. 5.



Фиг. 6.

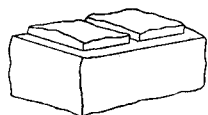
Кирка, тесовики, кирорубатка и киянка имеют в широких сторонах овальные отверстия, к-рыми они насаживаются на рукоятки из рябинового дерева, с железными или деревянными заклинками.

Кроме перечисленных инструментов для камнетесной работы необходимы: правило—прямой брусок, размером 1 400×44×40 мм, из дубового дерева, с нанесенными на одной из сторон его делениями на см и мм; на угольник—для нанесения прямых углов; малка—раздвижной на шарнирах угольник для острых и прямых углов и циркуль.

От тесового камня требуется кроме стойкости против мороза отсутствие трещин и прослоев, а также чтобы он хорошо поддавался обработке и удобно делился на штуки требуемого вида и величины. Правильно отесанный с шести сторон камень называется шестикамом; передняя его сторона называется лицом, нижняя и верхняя поверхности—постелями, а боковые—заусенными плоскостями (заусенками). Если задняя сторона камня не отесывается, то она называется хвостом, а камень называется пятикатом.

До обделки камней производят их обованение, которое состоит в отделении от них лишней части, что делается тесовиком; если нужно отделить крупные части, то сначала вытесывают борозду и вставляют в нее железные клинья, а затем ударами палицы молотка отделяют крупные части. Для получения простейших форм камня, например призм, параллелепипеда, куба, необходимо иметь лишь размеры; при более сложных формах необходимо иметь шаблоны граней и знать углы между гранями. При сложных формах камней предварительно составляют чертеж (развертка плоскостей в натуральную величину) и по нему изготовляют шаблоны из деревянных щитов или листового железа. Для камней с числом граней более шести, со сложными, косыми и кривыми поверхностями, делают по шаблонам деревянные модели, на которых надписывают все размеры сторон и диагоналей.

Обделка камня состоит: из обтески камня, наковки, шлифовки и полировки. При обтеске камня размеры берутся с запасом, который д. б. для твердых пород—13 мм, для средней твердости—19 мм и для слабых—25 мм по всем направлениям. На камне, подлежащем обтеске, камнетес делает тесовиком вдоль одной кромки камня борозду шириной 10—15 см, так назыв. заправку; при больших камнях делают несколько за-



Фиг. 7.

правок (фиг. 7). Когда заправки сделаны, сбивают все неровности верхней грани камня, причем правильность работы проверяется правилом. После грубой обтески всей грани, на ней по шаблону, наугольнику или малке очерчивают кромки и отбивают их; все эти работы производятся киркой, а при мягких породах форма камня иногда выпиливается. После отбития кромок их отделяют долотом и киркой на ширину 10—16 см, после чего перебивают камень на бок и приступают к обтеске верхней поверхности камня. По окончании обтески одной поверхности последовательно переходят к

обтеске другой, определяя по малке вторую грань, и т. д. до последней грани. Можно обтеску производить и другим способом, а именно: сперва из камня вытесывают какое-либо тело простейшего вида, напр. призму или параллелепипед, а затем снимают лишние части, но этот способ дороже.

Наковка камня состоит в более чистой отеске камня и производится кирком или зубаткой, так чтобы каждый раз следы ударов были перпендикулярны к следам предыдущей наковки, причем удары делают каждый раз слабее.

Шлифовка камня уничтожает следы, оставленные камнетесными инструментами, и производится специальными шлифовальными брусками из наждака и т. п. материалов.

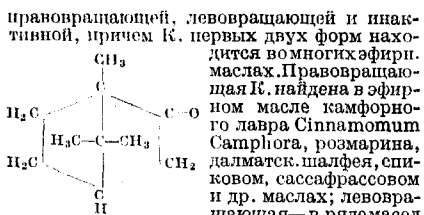
Полировка придает камню блестящую поверхность. Для этого камень натирают железными или чугунными утюгами, под которые насыпают наждак, трепел или пемзу; под конец поверхность присыпают порошком азотнокислого свинца и натирают войлоком, кожей и фланелью. Твердые мелкозернистые камни получают очень хорошую и прочную полировку; мягкие пористые породы полируются плохо и скоро теряют свой блеск; песчаники же и известняки совершенно не принимают полировки. В последнем случае поверхность камня нагревают горячими утюгами и поры камня заполняют мастикой (из гарпгуса, скипидара и какого-либо красящего вещества под цвет камня), разглаживают затем поверхность снова горячим утюгом. При машинной полировке применяют стальной вращающийся диск, стирающий камень. Шлифовка и полировка увеличивают срок службы камня.

Лит.: Фадеев Н., Строительное искусство, ч. 1.—Материалы и работы, 5 изд., М.—П., 1923; Федорович О., Каменные работы, 2 изд., Москва, 1923; Freumann G. A., Allgemeine Baukonstruktionslehre, B. 1.—Konstruktionen in Stein, Leipzig, 1903. Н. Туапов.

**КАМПЕШЕВОЕ ДЕРЕВО**, кампешник, сандаловое дерево, фиолетовое дерево, сандал синий, некруное дерево сем. бобовых, *Haematoxylon campechense* Aubl. Область распространения—Центр. и Юж. Америка и Вост.-Индия. Древесина К. д. твердая, тяжела (уд. в. 1,0) с красивым рисунком, кроваво-красная, на воздухе сильно темнеющая, без сердцевинных лучей. В древесине К. д. содержится *гематоксилин* (см.), при окислении легко переходящий в *гематеин* (см.). Древесина К. д. в измельченном виде употребляется для получения краски—сине-го сандала. Кроме того древесину К. д. употребляют на изготовление паркета и мебели. Кампешевый экстракт, кампеш, широко применяется в кожевенной промышленности, а также при окрашивании шерсти, шелка (см. *Красящие вещества естественные*).

**КАМФЕН**, см. *Терпены*.

**КАМФОРА**, триметил-(1,7,7)-бицикло-(1,2,2)-гептанон-(2),  $C_{10}H_{16}O$ , представляет собою зернисто-кристаллическую массу, полупрозрачную, легко возгоняющуюся, легко растворимую в органич. растворителях и мало растворимую в воде, в чистом виде имеющую  $t_{пл}$  178°. К. встречается в формах—



различн. видов *Salvia*, *Artemisia* и др. До последнего времени на рынке обращалась гл. обр. правовращающая К., получавшаяся в Японии, Китае, а в особенности на острове Формоза выкристаллизовыванием или вымораживанием из эфирного камфорного масла. Последнее добывается гл. обр. кустарным способом: перегонкой с водяным паром измельченной древесины камфорного лабра, для чего служат деревянные коницы, чаны с дырчатым дном, поставленные над вмазанным в печь котелком для воды и соединенные при помощи труб из бамбука со специального типа ящичным холодильником. Из получающегося т. обр.

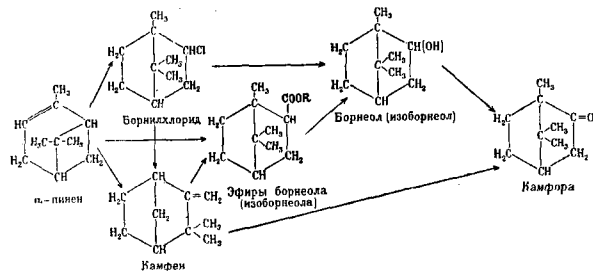
камфорного масла, выход к-рого составляет около 4%, большая часть К. выделяется в холодильнике, дальнейшие же количества получают вымораживанием в течение зимних месяцев. Сырая К. подвергается очистке при помощи возгонки в Японии или на европейских или американских з-дах.

В состав камфорного масла кроме правовращающей камфоры входят: ацетальдегид, d-α-пинен, камфен, d-фенхен, β-пинен, фелландрен, цинеол, дипентен, d-лимонен, борнеол, терпинеол-1, α-терпинеол, цитронеллол, сафрол, d<sup>1</sup>-ментенон-3, карвакрол, куминовый спирт, эвгенол, бисаболен, кадилен, каприловат к-та. Жидкое камфорное масло после выделения камфоры подвергается разгонке и поступает на рынок в виде масла двух главных сортов: легкого, белого камфорного масла, содержащего терпены и цинеол и применяемого в лаковом производстве или для типографских нужд, и тяжелого, красного камфорного масла, применяемого для извлечения из него сафрола. Иногда встречается сине камфорное масло, представляющее собою погоню, кипящие выше 300°, применение его ограничивается лаковым производством или выработкой колесных масел и т. п. продуктов.

Существование монополии на производстве и торговлю К. в Японии, диктовавшей цены на мировом рынке, а также постепенное уничтожение естественных зарослей камфорного лабра, произрастающего дико только в Японии, Китае, а на острове Формоза, привели к попыткам культуры этого дерева в ряде тропич. и субтропич. стран (в Вест-Индии, Ю. Америке, Алжире, Италии и др.) и к переработке его листья. Получаемое из листьев в количестве 0,5—3% камфорное

масло содержит ок. 90% правовращающей К., большая часть к-рой выделяется в твердом виде во время отгонки. От масла, получаемого из древесины, камфорное масло из листьев отличается отсутствием сафрола. Те же причины вызвали многочисленные попытки производства с и н т е ч е с к о й К., встречавшие до начала прошлого десятилетия почти непреодолимые затруднения в отношении конкуренции с японской К.

В зависимости от исходного сырья синтетическ. К. может быть получена различной оптич. активности, но большинство способов базируется на скипидаре как на исходном сырье и приводит к инактивной К. Все многочисленные методы получения К. из скипидара м. б. представлены следующей схемой:



Получение пиненхлоргидрата ведется на- с ш и м е н и е м скипидара Хлористым водородом на холоду, причем при t° выше -10° получается непосредственно борнилхлорид. Превращение последнего в камфен достигается самыми различными способами (нагреванием со щелочами, основаниями, солями слабых к-т и т. п.). Следующая стадия заключается либо в непосредственном окислении камфена в К. либо — в превращении его в эфиры борнеола и изоборнеола; последние после омыления и окисления дают К.

В большинстве случаев процесс получения К. составляет секрет з-да. Примерное представление о з-де мощностью около 40 т К. в месяц дает приводимый план (фиг. 1). Производство ведется по схеме:

Пинен → борнилхлорид → камфен → камфора.

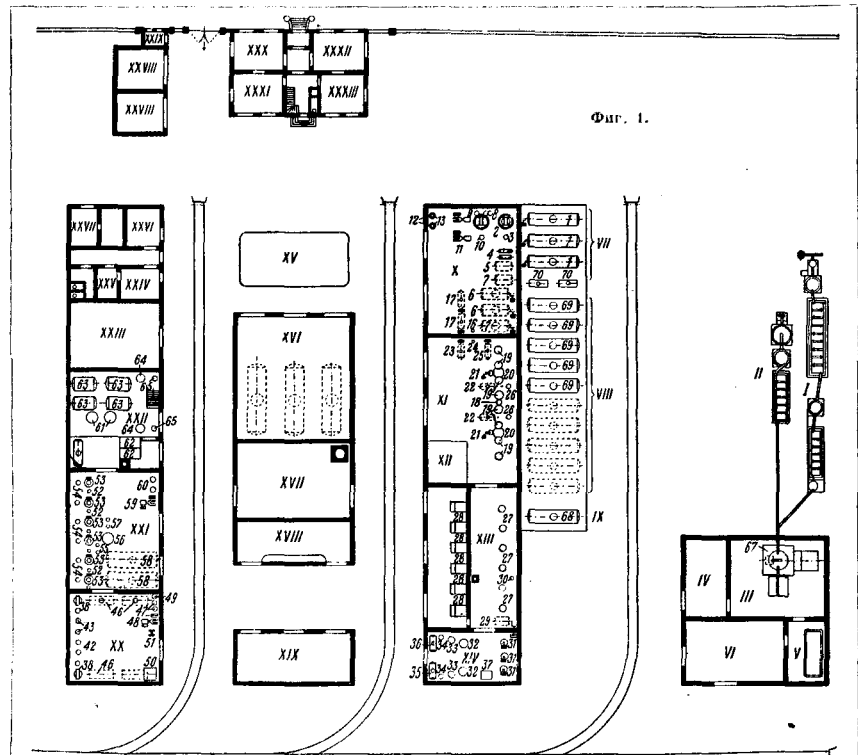
Первой стадией является подготовка скипидара к хлорированию и получение борнилхлорида. Для хлорирования применяется строго определенный и хорошо отфракционированный погон скипидара, и поэтому для разгонки пользуются вакуум-ректификационными аппаратами (2—3) типа, изображенного на фиг. 2. Легкие погонны обычно поступают в продажу как растворители, а тяжелый остаток подвергается очистке и продается как специальный сорт скипидара.

Перегоновое отделение (на плане помещено X) снабжается зернами присосбливания, сливными баками, насосами и т. п. (по плану аппараты 2—17). Получаемый в отдельной установке (по плану I—IV) хлористый водород подводится к специальным, снабженным взаимодействующими металлными аппаратам 19, соединенным с холодильной установкой (помещения XI и XII), где он насыщает предварительно осушенный пинен, образуя борнилхлорид. Выделившийся борнилхлорид отфильтровывается (23 и 24), а маточный подвергается вымораживанию (26) для получения дальнейших количеств борнилхлорида. Для отщепления хлористого водорода и получения камфена (поме-



щение XIII), в данном примере проводимого едким натром в присутствии стеарина, служат автоклавы 27, снабженные мешалками и обогреваемые перегретой водой по системе Фредеркинга (фиг. 3). Полученный

ные свинок аппараты 53, снабженные мешалками и обратными холодильниками 54. В том же отделении (помещение XXI) находятся промывные аппараты 56 и фильтры 55, 57. Сырая К. подвергается вакуум-воз-



Фиг. 1.

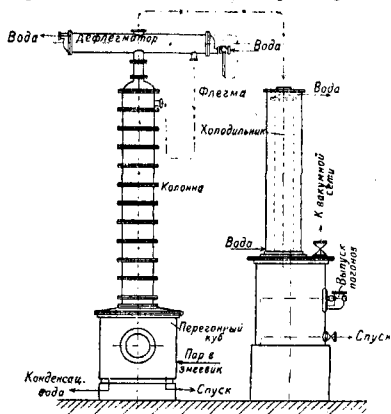
I—концентрация соляной к-ты; II—осушка хлористого водорода; III—производство хлористого водорода; IV—склад соли; V и VIII—склад серной кислоты; VI—склад бисульфата; VII—склад скипидара; IX—склад отработанного раствора едкого натра; X—разгонная скипидара; XI—насыщение скипидара хлористым водородом; XII—холодильная установка; XIII и XIV—получение и перегонка камфена; XV и XVI—склад топлива и котельная; XVII—машинное отделение и центральная электрическая станция; XVIII—механические мастерские; XIX—регенерация окислителя (хромовых растворов); XX—ректификационная камфена; XXI—осниление; XXII—вагонная; XXIII—склад камфоры; XXIV и XXV—раздевальня и душ для рабочих; XXVI—лаборатория; XXVII—XXXIII управление и обслуживающие помещения.

I—цистерны для скипидара; 2 и 3—вакуум-ректификационный аппарат с холодильником, эвроветной и счетчиком-автоматом; 4—применники для фракций; 5—баки для предгона; 6—баки для пшени; 7—баки для остаточных фракций; 8 и 9—вакуум-насос и воздушные баки; 10—вакуум-аппарат для ректификации отбросного скипидара; 11—13 воздушный компрессор и воздушные баки к нему; 14—фильтры для пшени; 17—аппараты для осушки пшени; 18—мерный бачок для пшени; 19—аппарат для насыщения хлористым водородом; 20—аппарат для вымораживания; 21—центрифуга; 22—применники для борнхлорида; 23 и 24—бак и фильтры для маточников; 25—бак для фильтрования маточника; 26—монно с пологерном; 27—автоклавы; 28—печи Фредеркинга; 29 и 30—бак для раствора едкого натра и мерный бачок; 31—отстойник; 32 и 33—перегонные аппараты и холодильники к ним; 34—водоотделители; 35—бак для камфена; 36—бак для остатков; 37—ящик для стеарина; 38, 42—ректификационные аппараты для камфена с холодильником и эвроветкой; 43, 46—применники для потонов и чистого камфена и баки для хранения; 47 и 48—воздушные баки и вакуум-насос; 49—бак для отходящего из вакуум-установки воздуха; 50 и 51—бак и насос для горячей воды; 52—мерные баки для камфена; 53, 54—аппараты для окисления с обратными холодильниками; 55, 57—фильтры; 56—промывной аппарат; 58—баки для хромовых растворов; 59 и 60—воздушный компрессор и воздушные баки; 61—аппараты для возгонки; 62—печи Фредеркинга; 63—65—камеры для возгонки с холодильниками и применниками; 67—реторта для получения хлористого водорода; 68—цистерна для отбросного раствора NaOH; 69—цистерна для серной к-ты; 70—цистерна для предгона и остатка скипидара.

камфен подвергается перегонке (помещение XIV) в специальных алюминиевых аппаратах. Окисление, проводимое в данном примере хромовой смесью (помещение XXI), ведется после предварительной тщательной фракционировки камфена (помещение XX) в вакууме. Для окисления служат чугунные, выложен-

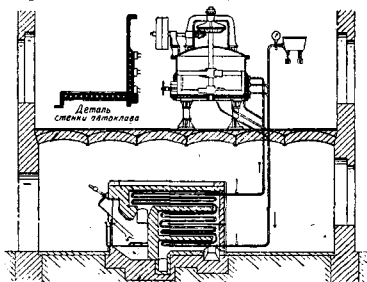
гонке в аппаратах 63—65, обогреваемых перегретой водой, получаемой в печах 62 системы Фредеркинга. При заводе имеется отделение регенерации хромовых шлонов (помещение XIX), котельная (помещение XVI) и другие вспомогательные отделения и помещения, назначение к-рых ясно из обозначений на плане.

В ряде патентов приведены способы получения эфиров борнеола и изоборнеола непосредственно из пинена, напр. нагревании



Фиг. 2.

ем с высокомолекулярными к-тами жирного ряда, с щавелевой, тетрахлорфталевой и некоторыми другими к-тами, а также с уксусной к-той в присутствии борной к-ты. Окисление борнеола и изоборнеола может производиться разными способами и различными веществами: азотной к-той, окислами азота, хромовой к-той, марганцовокислым калием, гипохлоритами, озонном и воздушном в присутствии катализатора. Наконец при способах, основанных на непосредственном действии окислителей на пинен, можно предполагать промежуточное образование камфена и его дальнейшее окисление в К. Все эти способы дают приблизительно одинаковые выходы К., считая на исходный пинен, не превышающие однако 30%. Поэтому при сравнительно низких ценах на японскую



Фиг. 3.

К. и установившихся ценах на скипидар, производство синтетическое К. до последних лет находилось под постоянной угрозой вытеснения ее с рынка японской К. Только последние 5—6 лет изменили положение в пользу синтетической камфоры, производство и вывоз которой из Германии заняли видное место на мировом рынке.

Производство натуральной К. в Японии и на о-ве Формозе за последние годы держится в пределах 5—6 млн. кг (Япония в 1927 г. — 1 360 000 кг, Формоза в 1925 г. — 4 413 000 кг), в Китае — ок. 100 000 кг. Производство синтетич. К. сосредоточено гл. обр. в Германии, где выработка достигает в настоящее время 5—6 млн. кг в год; производство других стран (Франции, Испании, США) имеет лишь ограниченное значение.

В СССР производство К. до последнего времени не существовало, хотя делались попытки использовать для этой цели отечественное сырье (Голубев, завод Жукова). Исходным продуктом может служить пихтовое масло, содержащее ок. 37—40% уксусного эфира борнеола и 10—15% камфена. При использовании только борнеола м. б. получено левовращающей К. ок. 26—28% от веса исходного пихтового масла; при использовании одновременно камфена выход несколько повышается за счет получаемой инактивной К. По этому способу в настоящее время получается на Охтенском з-де в Ленинграде около 200 000 кг К. в год. Одновременно ведутся научно-исследовательские и подготовительные работы по получению левовращающей К. из нек-рых видов полыней, дико произрастающих в Казакстане (*Artemisia leucoides*) и Нижнем Поволжье (*Artemisia maritima astrachanica*). В отношении правовращающей К. выявлена полная технич. и экономич. целесообразность получения К. в Абхазии и Аджаристане путем переработки листвы камфорного лавра, произрастающего в этих районах так же хорошо, как на его родине. Выходы камфорного масла достигают 1,7% при содержании в масле 70—90% К. Производство пока имеется лишь в зачаточном состоянии, так как насаждений достаточно крупных для заводской переработки не имеется.

Главное применение К. находит в производстве целлюлоида, на к-рое расходуется приблизительно две трети ее мирового производства. Следующей по значению отрасли применения К. является производство взрывчатых веществ; в этом производстве К. имеет значение стабилизатора. Довольно широко применяется К. в медицине как средство, повышающее работу сердца, при приемах внутрь и подкожных инъекциях, или как наружное средство — в мазях и втираниях. До самого последнего времени для медицинского применения доускалась лишь правовращающая К., и только последняя Германская фармакопея (1926 г.) признает также инактивную К. Под названием камфорного масла в фармации применяется раствор К. в жирном масле, по преимуществу в миндальном. Потребность СССР в К. для технических нужд исчисляется примерно в 500 000—600 000 кг, для медицинских нужд — ок. 40 000 кг в год.

Под суррогатами К. долгое время понимались вещества, к-рые должны были заменить К. при производстве целлюлоида из нитроцеллючатки; впоследствии этот термин был расширен, и под названием суррогатов К. были объединены различные вещества, применяемые при производстве целлюлоидообразных масс (напр. из ацетилцел-

люлозы). Основные свойства, которыми должен обладать такой продукт: способность образовывать с производными клетчатки твердые растворы, способность давать желатинообразные массы в этих условиях и сообщать получаемым массам определенную пластичность. Кроме того присутствие суррогата К. не должно уменьшать прозрачности массы и способности ее принимать окраску. Число предложенных для этой цели веществ чрезвычайно велико, но замены камфоры в полном смысле слова не дает ни одно из них. Для этой цели пригодны алициклические соединения (например циклогексаноны и циклогексанолы), нафталин, ацетанид, фосфорные эфиры некоторых фенолов. В большинстве случаев суррогаты К. применяются для ее частичной замены. Для медицинского применения также предложен ряд продуктов, заменяющих К., из которых главнейшие: гексетон (3-метил-5-изопропил-2,3-циклогексанон), корамин (диэтиламид пиридинкарбоновой кислоты) и кардиол (пентаметилтетразол).

Борнейская камфора, или Суматра-К., представляет собою d-борнеол, выделенный из эфирного масла, получаемого из *Dryobalanops aromatica* Gairn. путем подсокчи или перегонки с паром древесины. Применение находят на месте, для ритуальных целей и бальзамирования трупов. Игаи-К. получается из эфирного масла *Blumea balsamifera* DC (Индокитай и Малайский архипелаг) и представляет собою l-борнеол. Применение—такое же, как и Суматра-К.

Из производных К. медицинское применение находят: монобромкамфора, оксикамфора (оксафор), эфиры камфорной кислоты  $C_{10}H_{16}O_2$  (гваяколовый, сангалоловый, метиловый) и соли камфорной кислоты (с антипирином, пирамидоном).

Лит.: Козлов В. М., Промышлен. значение камфорного лавра на Черноморском побережье, «Труды Науч. хим.-фарм. ин-та», вып. 14, Москва, 1925; Ратисский В. Н. и Виноградова И. В., Там же, вып. 17, М., 1927; Рутковский В. Н., «Химия промышленности», М., 1924; е р о ж е, «Хим.-фарм. журнал», М., 1926, т. 4; Рихтер Казакевич, Соболевская и Сухоруков, «Журнал опытной агрономии Юго-Востока», Саратов, 1927, т. 4; G i l d e m e i s t e r E. u. H o f f m a n n F., Die ätherischen Öle, 2 Aufl., В. 1—3, Лpz., 1910—1912; K i l m o n J. M., Der technische synthetische Campher, Лpz., 1921; P e r o t E. u. G a l l e y V., Le camphrier et ses produits, P., 1920; T r a u b L., La culture industrielle du camphrier, Lyon, 1922; M u s s o, «Parfumerie moderne», Paris, 1928, v. 24; E c k e l t J. L. u. G a s s e r O., Projektierungen u. Apparaturen f. chemische Industrie, I Gruppe; Nitrocellulose, synthetischer Campher, Pulver, Лpz., 1926; M e s k e H., Die Campherversorgung der Welt, Berlin, 1929. Б. Рутковский.

**КАНАДСКИЙ БАЛЬЗАМ**, получается из произрастающих в Канаде *Abies balsamea* и *Pinus Fraseri* и представляет собою *женичу* (см.) этих деревьев. Добывание К. б. производится либо подсокчей либо вскрытием набухших смоляных ходов, в которые втыкают специальной формы приемники. Последний способ дает лучшие сорта К. б., в особенности если сбор производится в июне—июле и если после каждого сбора дерева дается 2—3 года отдыха. К. б.—вязкая, прозрачная жидкость, совершенно бесцветная, режее—с слабым зеленоватым оттенком; уд. вес 0,9984 (при 14,5°); кислотное число 82—86, число омыления 197. Свойственный

К. б. запах, напоминающий скипидар, обусловлен присутствием 20—24% эфирного масла, которое содержит гл. обр. l-а-пинен. Кроме того в состав К. б. входят: канадиновая к-та  $C_{16}H_{24}O_2$ —в количестве ок. 13%; а- и β-канадиноловые к-ты  $C_{16}H_{24}O_2$ —вместе ок. 49%; канадоловая к-та  $C_{15}H_{22}O_2$ —ок. 0,3%; резен  $C_{21}H_{40}O$  и следы янтарной к-ты. Применяется К. б. для приготовления препаратов в микроскопии, для склеивания составных объективов и других систем оптич. стекол, а также для изготовления призм Николя, так как коэф. преломления К. б. близок к коэф. преломления оптич. стекла. К. б. растворяется в спирте, эфире, хлороформе и сероуглероде.

Лит.: Вольф Ф. Г., Бальзамы, смолы, испор. смолы, ольфы и лаки, пер. с нем., П., 1923; W o l f f H., Die natürlichen Harze, Stg., 1928. Б. Рутковский.

**КАНАЛИЗАЦИЯ**, метод ассенизации (см.), при к-ром сточные воды системой подземных труб направляются на очистительные сооружения для их обезвреживания. Благодаря тому, что сточные воды удаляются из зданий до загнивания и очищаются на специальных сооружениях, К. улучшает санитарные условия данного населенного места. Кроме того К. представляет собою более дешевой способ удаления нечистот, чем вывозка. В настоящее время сеть канализованных городов в Зап. Европе и Америке развита весьма сильно. В СССР канализовано всего 38 городов, не считая 4 городов, в которых К. находится в периоде постройки. Одесса начала канализоваться в 1862 году, в Киеве К. действует с 1894 г., в Москве—с 1898 г., в Ростове-на-Дону—с 1906 г. и в Харькове—с 1914 года.

**Системы канализации.** К. служит для удаления следующих сточных вод: kloзетных, хозяйственных (из кухонь, ваньных, прачечных и пр.), банных, промышленных (с ф-к и заводов) и атмосферных. Если отводятся все перечисленные категории вод, то система К. носит название общесплавной, а если отводятся все воды за исключением атмосферных, то такая система К. называется раздельной. Если в последнем случае атмосферные воды отводятся особой независимой системой труб (водостоков), то система называется полной раздельной, в противном случае—неполной раздельной. Есть еще полураздельная система К., при которой существует также две отдельные сети подземных труб; первая сеть отводит все грязные домовые и промышленные воды и первые загрязненные порции дождевых вод, а вторая—исключительно атмосферные воды, после того как начальная порция отведена первой сетью. Переключение дождевых вод делается при помощи особых приспособлений (шлюзов, особой конструкции каналов и пр.). На практике приходится иногда комбинировать в одном и том же населенном пункте различные системы К. В общесплавной системе благодаря большому количеству воды, особенно—дождевой, каналы, равно как и очистительные сооружения, получают большие размеры, нежели при раздельной. Эксплоатация общесплавных систем сложнее в технич. и санитарном отношениях, потому что каналы, рассчитанные на большие количества вод, во время засух отводят их весьма мало. Выбор системы

К. в каждом отдельном случае необходимо делать на основании конкретных санитарных и технич. условий. Неполная раздельная система дешевле общесплавной и применяется преимущественно для центрального района СССР. Где имеет место большое количество осадков, там общесплавная система может оказаться экономически выгоднее. Общесплавная система устроена в Одессе, Самаре и Тифлисе; раздельная—в Москве, Киеве, Харькове, Ростове-на-Дону, Саратове и др. городах.

По методу движения жидкости канализационные системы разделяются на самосплавные, когда сточные воды движутся по продолженному с известным уклоном трубопроводу под влиянием силы тяжести, механические, когда жидкость приводится в движение механическими приспособлениями—насосами различной конструкции, а также пневматическ. способом (сист. Лиернура или Шона), и смешанные, где доминирует самосплавная система, но часть жидкости гонится механич. способом.

**Проектирование канализации.** Чтобы определить количество сточных вод, к-рое будет отводиться К., поступают след. образом. Для определения количества фекальных и хозяйственных вод необходимо знать число жителей и плотность населения по районам города. При этом необходимо сообразоваться с приростом населения за тот период времени, на который канализационные сооружения проектируются. В общем для больших (100 000 жителей и выше) и средних (от 20 000 до 100 000 жителей) городов в СССР принимается прирост населения в 2—3%, для малых—1—1½%, но для правильного разрешения вопроса д. б. учесть все местные условия. Имгоф считает ежегодный прирост населения для промышленных городов до 10%. Плотность населения выражается числом жителей, приходящихся на 1 га площади данного района. Для составления проекта К. необходимо установить несколько градаций (обычно 2—3) плотности в различных районах. Э. Генцмер подразделяет плотность населения на три категории: большую—при 250 чел. и более на га, среднюю—при 125—250 чел. и малую—менее 125 чел. Для правильности расчетов следует остерегаться преувеличивать плотность. Примеры расчетных плотностей, принятых при составлении проектов К. в разных городах:

Москва . . . . .	440 и 220	Самара . . . . .	300, 200, 150 и 100
Ленинград . . . . .	550, 440, 330 и 220	Берлин . . . . .	800 и 500
Одесса . . . . .	440, 220 и 132	Мюнхен . . . . .	470
Харьков . . . . .	440 и 275	Будапешт . . . . .	500
Вану . . . . .	450 и 300	Кельн . . . . .	400
		Кёнигсберг . . . . .	600

Расчетные периоды времени для отдельных частей канализационных сооружений в настоящее время рекомендуются следующие: для уличных труб—25—30 л., для главных коллекторов—15—20 л., для зданий насосных станций—15—20 л., для их оборудования—10 л., для очистных сооружений—10 л. Очистные сооружения и станции перекачки д. б. запроектированы с учетом их расширения. Запас земельного участка д. б. рассчитан не менее как на 40 л. Определив число жителей к концу расчетного периода, задаются нормами водоотведе-

ния в л на 1 жителя в сутки. Современные нормы для фекальных и дождевых вод приведены в табл. 1. Количество сточных вод из Табл. 1.—Нормы отведения фекальных и хозяйственных вод.

Число жителей в городах	На 1 жителя в сутки
<b>В Германии:</b>	
предместья и поселки . . . . .	40— 60
города:	
до 50 000 . . . . .	80— 90
от 50 000 до 100 000 . . . . .	80— 110
свыше 100 000 . . . . .	100— 150
<b>В США . . . . .</b>	<b>400—1 000</b>
<b>В СССР . . . . .</b>	<b>60— 80</b>

промышленных предприятий, бань и проч. должно устанавливаться по действительному расходу, с учетом будущего расширения предприятий. Так как поступление сточной жидкости меняется по временам года, дням и часам, то при расчете пользуются т. наз. коэффициентами неравномерности, представляющими собою отношение максимального часового расхода в сутки к среднему часовому за год. Для расчета сетей принимаются следующие коэф-ты неравномерности: для труб диам. до 1 м—1,5—1,8; свыше 1 м—1,3—1,8; для насосных станций—2—2,3; в случае спуска сточных вод промышленных заведений с большой неравномерностью расхода коэф-ты м. б. повышены.

В основе исчисления расчетного расхода атмосферных вод следует брать умеренный ливень, повторяющийся в известной местности не чаще одного раза в год; иначе сооружения получат слишком большие размеры и потребуют чрезмерного вложения капитала (см. *Водосток*). Очистные сооружения при общесплавной системе рассчитываются на двойное или тройное количество хозяйственных вод в сухое время года.

Составлению проекта К. населенного пункта должен предшествовать целый ряд предварительных работ, собрание статистич. сведений о населении, характере застройки, ф-ках, з-дах, банях, прачечных, скотобойнях и пр., с указанием их продукции, количества и состава сточных вод, предполагаемого расширения, об общем потреблении воды населением, о выгребях, вывозимых нечистотах. Далее д. б. произведено санитарное обследование населенного пункта и окружающих селений в отношении заболеваемости и смертности, собраны сведения о химич., биологич. и бактериологич. свойствах водоема, куда предполагается спускать очищенные сточные воды, о характере грунтов, расположенных грунтовых вод и плывунов, об имеющемся главном водоеме, об атмосферных осадках, и получены данные для составления финансового плана. Кроме того д. б. сделаны следующие планы: для аксиального проекта—общий план населенного места с окрестностями 1:10 000 или 1:20 000, нивелирный план пункта и окрестностей, имеющих уклоны по направлению к населенному месту от линии водораздела, с горизонталями не реже чем через 1 м, в масштабе 1:5 000, с нанесением на него строительных кварталов,

ф-к, э-дов, бань, прачечных, скотобоев и пр.; планы и профили по трассе коллекторов в масштабах: 1:500—1:1000 для планов и профилей, 1:1000—1:2000 для горизонтального расстояния и 1:100—1:200 для вертикального расстояния; для детального проекта нужны те же общий и нивелирный планы и кроме того планы проездов 1:500 и профили их: 1:1000—1:2000 для горизонтального расстояния и 1:100—1:200 для вертикального расстояния и план участков, намеченных под постройку насосных и очистительных станций 1:500 с горизонталями через 0,25—0,50 м (для полей орошения—масштаб 1:1000—1:2000 с горизонталями через 0,5 м). Для составления проекта желательно иметь проект перепланировки населенного места. Очевидно, что устройство водопровода, обеспечивающего населенный пункт водой, должно предшествовать устройству К. или, в крайнем случае, сопровождать его.

**Канализационные сооружения.** Такие сооружения разделяются на сеть (уличную, дворовую и домовую), водоподъемные сооружения и очистительные станции (см. Биологический способ очистки сточных вод).

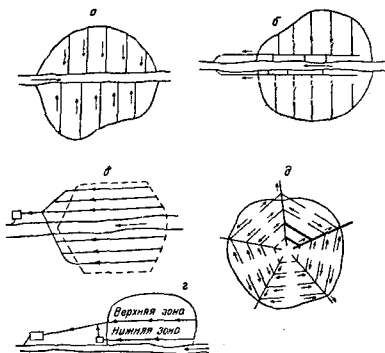
**Уличная** (городская канализационная) сеть состоит из: уличных труб, в к-рые сточная вода поступает из домовладений; коллекторов, в к-рые вода поступает из ряда труб, расположенных на известной территории (бассейн) населенного места, и каналов, принимающих воды из нескольких коллекторов. Иногда каналы носят название главных коллекторов, водоводов и магистралей. Расположение уличной сети зависит от рельефа местности, расположения водных протоков и от пункта, куда сточные воды направляются для их обезвреживания. По расположению коллекторов различаются следующие системы. **Перпендикулярная** система (фиг. 1, а) направляет сточные воды через коллекторы, расположенные перпендикулярно к реке, в воды последней без очистки; эта система возможна, если местность имеет скат к водоему и количество сточных вод, поступающее в него, мало по сравнению с водоемом, т. е. получается большое разжижение; на практике это встречается редко или же применяется исключительно для отвода атмосферных вод (Ленинград). Если, во избежание загрязнения реки, устья коллекторов перехватываются каналами, идущими вдоль берега, то получается **пересеченная** система (фиг. 1, б), при к-рой сточные воды спускаются в реку ниже города (Лондон, Париж, Киев, Самара, Сталинград и др.). Во избежание слишком сильного заглубления береговых коллекторов, что сопряжено с работой в насыщенных водо грунтах, применяется **веревная**, или **параллельная**, система (фиг. 1, в) (Висбаден, Брюссель, Рига, Брестлавль). При **попечной** (зональной) системе (фиг. 1, г) каждая зона имеет свой независимый канал и может иметь даже особую систему К. (Франкфурт-на-Майне, Кельн, Стокгольм, Варшава, Днепропетровск, отчасти Москва). При **радиальной** системе (фиг. 1, д) населенное место разделяется на особые участки, из которых каждый канализуется самостоятельно по направлению от центра

к периферии (Берлин). На практике, в зависимости от рельефа местности, обычно приходится комбинировать различные системы.

Наименьшая глубина заложения уличной канализационной трубы определяется по формуле:

$$H = h + i \left( L + \frac{l}{2} \right),$$

где  $h$ —глубина подвала или глубина preservation в данном месте,  $i$ —уклон дворовой трубы,  $L$ —длина дворовой трубы, зависящая от глубины домового участка, и  $l$ —ширина улицы. Для средней полосы СССР наименьшая глубина  $h$  установлена в последнее



Фиг. 1.

время Всесоюзным водопроводным и санитарно-техническим съездом, ввиду климатическ. условий, в 1,5 м, а в крайних случаях, при соответствующ. утеплении труб,—0,7 м. В Москве глубина заложения делается не менее 1,7, в Киеве—1,5, в Харькове—1,3 м.

Трубам канализационной сети сообщают такие уклоны, чтобы скорости движения жидкости по ним не повреждали материала труб и в то же время не допускали осадения взвешенных веществ из сточной жидкости (самоочищающиеся скорости). Практикой установлены следующие скорости, в зависимости от размеров труб: для труб диам. до 250 мм—0,9 м/сек, для труб диам. до 450 мм—0,75 м/сек и для труб диам. от 500 мм и выше—0,60 м/сек. Сеть д. б. спроектирована т. о., чтобы скорость движения жидкости постепенно возрастала от верховья трубы до ее устья, хотя на практике, в силу местных условий, приходится отступать от этого правила, так как приходится сообразоваться с уклоном местности, глубиной заложения труб и пр. В большинстве случаев при крутых уклонах местности трубы укладываются с перепадами.

Для труб дворовых сетей допускаются следующие уклоны:

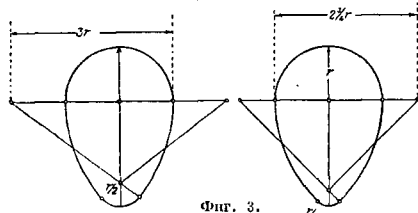
Диам. 125 мм	0,015—0,010
» 150 »	0,012—0,008
» 200 »	0,010—0,006
» 250 »	0,008—0,005
» 300 »	0,006—0,004

Цифры справа показывают минимальные уклоны. Что же касается максимальных уклонов, то, по герм. правилам 1926 г., уклоны больше 0,10 допускаются лишь в исклю-

чительных случаях. По московским правилам, уклоны более 0,15 не допускаются.

Форма поперечного сечения канализационных труб весьма разнообразна (фиг. 2) в зависимости от характера отводимых вод (домовых или атмосферных), расхода их, скорости движения и различных местных условий (подземные сооружения, ширина улиц и пр.). Наиболее употребительны круглая и яйцевидная формы (а, б). Там где имеются сильные колебания расходов сточных вод, например при общесплавной системе, яйцевидное сечение имеет преимущество перед круглым, так как в первом случае при малых расходах получается большая скорость, чем при втором. Когда почему-либо желают выиграть в высоте, применяют сжатые лотковые сечения (фиг. 2, в, з), например для ливневых стоков. В некоторых случаях, если трубы или канал будут заложены неглубоко, применяют сжатые профили с плоским перекрытием (фиг. 2, г и д). Иногда применяют банкетные сечения (фиг. 2, ж), где жидкость течет по среднему лотку, а банкеты служат для прохода рабочих. На фиг. 3 показаны наиболее часто употребляющиеся яйцевидные (овоидальные) сечения (Филлипса—справа и обыкновенное—слева).

Наименьшие размеры круглых уличных труб—150 мм (Москва, Киев, нек-рые англ. и америк. города). При выборе минимальных диаметров круглых труб следует иметь в виду могущие быть засорения труб от попадающих в них при небрежном пользовании К. крупных предметов. Поэтому в последнее время в нек-рых городах СССР в качестве



минимального принимается диам. в 200 мм, но в этом случае следует считать также и с расходами сточной жидкости, т. к. при малых расходах может получиться недостаточное наполнение труб и малая скорость течения, в силу чего на стенках будут оседать взвешенные вещества, засоряя трубы. Диаметры труб различаются между собою на 25—50 мм. Минимальная высота яйцевидного (овоидального) сечения—700 мм.

Расчет канализационных труб производят по эмпирич. ф-лам, причем при раздельной системе во внимание принимают не полное сечение трубы, а лишь часть его, т. к. пред-

полагается лишь частичное наполнение труб во избежание их переполнения в нек-рых моменты. Наполнение труб при раздельной системе принимается для: для круглых труб  $\varnothing 150-300$  мм—0,5 диам.,  $\varnothing 350-450$  мм—0,6 или 0,66 диам.,  $\varnothing 500-600$  мм—0,66 диам., свыше 600 мм—0,66 или 0,75 диам.; для овоидальных труб высотой от 750 мм—0,66 высоты.

Расчетов ф-л для канализационных сетей существует весьма много, но все они м. б. приведены к основному типу ф-лы Шези:

$$v = c \sqrt{Ri},$$

где  $v$ —скорость жидкости в трубе в м/сек;  $R = \frac{F}{P}$ —гидравлич. радиус, т. е. отношение площади, занятой водой (живого сечения), к смачиваемому периметру;  $i$ —гидравлический уклон, т. е. уклон на единице длины поверхности протекающей по каналу жидкости, а не дна канала (при малых расходах воды в канале этот уклон можно принять равным уклону дна канала);  $c$ —некоторый численный коэф. трения (или скорости, как его иногда называют). Значение с различных авторов дается неодинаковое. Ф-лы, к-рые наиболее приняты в настоящее время для расчетов, следующие. Т. наз. старая формула Куттера:

$$v = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{Ri},$$

где  $m$ —коэффициент шероховатости, имеющий, по Куттеру, следующие значения:

Тонко отшлифованные материалы . . . . .	0,10—0,15
Чистый (очень хорошо заглаженный) цемент и очень тщательно выстроганое дерево	0,15
Хорошо пригнанные доски, большие железные и железобетонные водоводы	0,20
Обыкновенные доски, тщательно выложенные кирпичные и чисто обработанные стены из тесаного камня, чистые керамические каналы . . . . .	0,25
Кирпичные стены и стены из толстых досок, находившиеся в употреблении, малые стены и каналы из цементных труб, гладкие кирпичные каналы, не очень широкие железные трубы, клепаные поперек и в длину . . . . .	0,30—0,35
В СССР (наиболее часто) . . . . .	0,25—0,30
В Германии . . . . .	0,35

Формула Базена:

$$v = \frac{87 \sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{Ri}.$$

Коэф.  $\gamma$  для очень гладких стенок (заглаженный цемент, строганое дерево)—0,06; для гладких (камен. стенки, кирпич. кладка)—0,16 и негладких (бутовая кладка)—0,46.

Формула П. Ф. Горбачева:

$$v = \frac{70 \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{Ri},$$

где коэф. шероховатости  $b$  для керамич., бетонных, кирпичных и чугунных труб и каналов равен 0,10.

В СССР широкое применение прежде имела сокращенная формула Гангиля и Куттера, которая для метрических мер выражается так:

$$v = \frac{(23 + \frac{1}{n}) \sqrt{R}}{23n + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{Ri},$$

где коэффициент шероховатости  $n$  имеет следующие значения.

Притертый цемент, тщательно выстроганные доски . . . . .	0,010
Дощатые стены, цемент с гнском . . . . .	0,012
Тесаный камень, кирпич с тщательно растрытыми швами, тонкий бетон . . . . .	0,013
Обыкновенная кирпичная кладка . . . . .	0,015
Бутовая кладка . . . . .	0,017
Керамич. трубы . . . . .	0,012—0,013
(Коэф. 0,012 приблизительно соответствует коэф. $m=0,25$ в старой Ф-ле Куттера.)	

Степенная формула Маннинга:

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

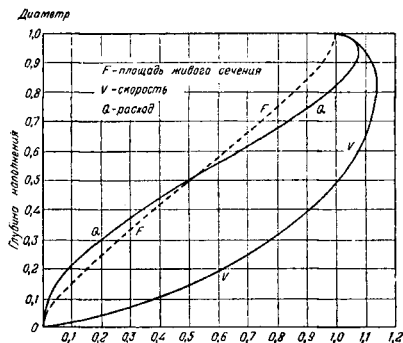
Формула А. Н. Миловича:

$$v = 80 R^{0,79} i^{0,5} \text{ и др.}$$

Для расчетов весьма важное значение имеет также секундный расход жидкости  $Q$ , т. е. количество воды (в м<sup>3</sup> или л), протекающее через данную площадь живого сечения в 1 сек.; он равняется

$$Q = Fv.$$

Расчет по формулам представляет собою довольно кропотливое дело, в виду чего для упрощения работы и сбережения времени пользуются специальными таблицами, составленными по различным Ф-лам для различных коэф-тов и наполнений труб. Кроме того на практике пользуются также графич. методами (номограммами, диаграммами и пр.). Графич. изображение зависимости между величиной наполнения, площадью живого сечения  $F$ , скоростью  $v$  и расходом  $Q$  в круглом сечении дано на фиг. 4, а для обыкновенного овоидального сечения на фиг. 5. При общесплавной системе К. в основание исчисления расчетного расхода берется умеренный ливень, повторяющийся не чаще



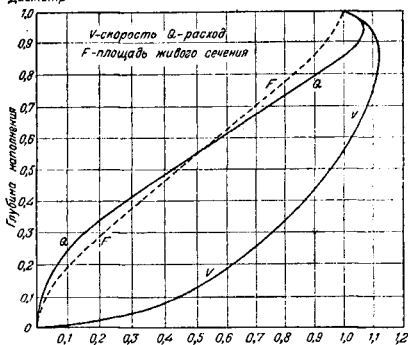
Фиг. 4.

одного раза в год в данной местности, а также коэф-ты стока и замедления стока (см. Водосток).

Материалы, из к-рых устраиваются канализационные сети, должны удовлетворять кроме требований прочности еще следующим условиям: они не должны разрушаться от химич. и механич. воздействий сточной жидкости, должны быть непроницаемыми и обладать гладкой внутренней поверхностью, не представляющей препятствий движению сточной жидкости. Наиболее часто применяются трубы керамические (каменно-керамические), кирпичные, бетонные, железобетонные и металлические.

Керамические трубы имеют очень большое применение при К. населен. мест, и большая часть протяжения сети состоит из таких труб. Так, в Москве 533,48 км, 91,4% всего протяжения сети, в Харькове

Диаметр



Фиг. 5.

77 км, или 86,4%, состоит из керам. труб. Эти трубы отличаются хорошими гидравлич. свойствами и дешевой. В настоящее время в СССР установлен обязательный сортмент, по ОСТ 68—73 (табл. 2). Трубы в

Табл. 2.—Стандарты керамических канализационных труб (ОСТ).



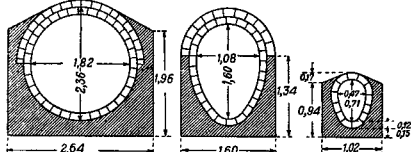
Продольный разрез керамических канализационных труб

D	e	D <sub>1</sub>	L
125	18	161	800—1 000
150	19	188	800—1 000
200	22	244	800—1 000
250	25	300	800—1 000
300	28	356	800—1 000
350	30	410	800—1 000
400	32	464	800
450	35	520	800
500	38	576	800
550	40	630	800
600	43	686	800

500 мм и более укладываются в бетонном стуле. Из фасонных частей нормированы: тройники с углами в 45° и 60°, отводы в 30° и 45° для труб  $\varnothing$  125, 150 и 200 мм, переходы: 125 × 150, 125 × 200 и 150 × 200 мм, муфты и

пробки (заглушки) для труб  $\varnothing$  125, 150 и 200 мм. Керамич. трубы и фасонные части д. б. круглого сечения с равномерной толщиной стенок, машинной формовки, хорошо и однородно обожжены; глазури должна равномерно и без пропусков покрывать обе поверхности трубы, быть гладкой, без недоливов, наплывов, пузырей и трещин. Трубы должны выдерживать не более 4% воды. Труба вместе с раструбом должна на 1 м строительной длины выдерживать внешнюю нагрузку не менее: 2 000 кг при  $\varnothing$  125, 150, 200 и 250 мм, 2 500 кг—при  $\varnothing$  300, 350 и 400 мм и 3 000 кг—при  $\varnothing$  450, 500, 550 и 600 мм. Гидравлическое давление они должны выдерживать не ниже: 4 атм при  $\varnothing$  125—250 мм и 3 атм при  $\varnothing$  300 мм и выше. Серная или соляная к-та, а также едкий натр или кали не должны разрушать глазури или тела трубы. При кипячении в воде черепка трубы глиняная масса должна поглощать не более 9% воды. Соединение керамич. труб друг с другом делается посредством заделки одной половины зазора между трубами смоленой пряждю, а другой—асфальтовой массой (асфальтовый стык). В последнее время наиболее часто применяется асфальтовый стык. Заливка стыков поргладским цементом не рекомендуется, т. к. стык теряет в этом случае упругость и труба при осадке земли может разрушиться.

Очень распространенным материалом для кладки канализационных каналов является кирпич и ч. Он д. б. хорошего качества и обжига. Процент всасывания воды д. б. не более 13 при нахождении в воде в течение суток. На кирпич не должны оказывать разрушающего действия в течение суток серная и соляная кислоты, едкое кали и аммиак, крепостью 1%. Временное сопротивление на раздавливание д. б. не менее 80 кг/см<sup>2</sup>. Кладка ведется на поргладском цементе, к-рый должен соответствовать технич. условиям НКПС. Кладка каналов ведется на растворе 1 : 3 или 1 : 4. Внутри каналов швы расшиваются цементным раствором 1 : 1 или 1 : 2. Штукатурить каналы изнутри не следует, т. к. подобная штукатурка часто обваливается. Если каналы прокладываются в водоносных грунтах, то во избежание проникновения в них грунтовых вод наружная поверхность каналов штукатурится цементным раствором 1 : 1 или 1 : 2. Обычно кладка каналов ведется концентрическими рядами, причем между ними делается смазка из



Фиг. 6.

цемента. Часто применяется фасонный кирпич. В зависимости от условий работы кирпичные каналы должны подвергаться статическ. расчету. Иногда, для придания лотку каналов большего механич. сопротивления, применяют особые подшовные камни, изготовленные из каких-либо естественных

твердых пород, или делают облицовку обожженными керамиковыми плитками или кирпичом-железняком; ранее делались для этой цели специальные керамиковые фасонные части, но они не оправдали себя на практике. Кирпичные коллекторы имеются в Москве, Харькове, Самаре, Риге, Варшаве. На фиг. 6 показано несколько типов кирпичных коллекторов московской канализации.

Для устройства уличных сетей применяются также трубы малого диаметра из поргладского цемента с песком и большого диаметра—из бетона. Применению таких труб способствует их сравнительная дешевизна, возможность придания им любой формы и гладкой поверхности. Однако употреблять такие трубы в канализационной практике следует с большой осторожностью, т. к. из заграничной и русской практики известны случаи разрушения бетонных труб от химического воздействия сточной жидкости, газов, выделяющихся из нее, а также грунтовых вод.

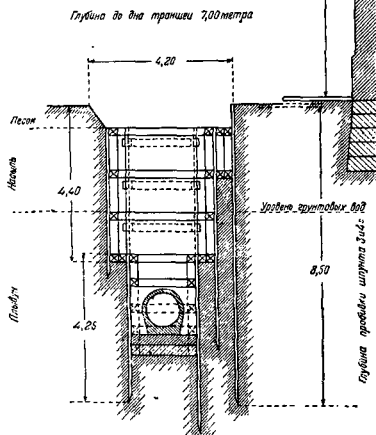
По последним научным данным, бетон представляет собою коллоидальную массу кремнезема, провизанную кристаллами гидрата окиси кальция (гашеной извести), выросшими согласно кристаллографическим силам сцепления. Эти кристаллы извести обладают таким большим механическим сцеплением с тестом и определяют те механич. свойства, к-рыми отличается бетон. Чистая вода, растворяя гидрат окиси кальция, нарушает прочность бетона, а вода, содержащая поваренную соль, растворяет известь еще более, т. к. поваренная соль физически ускоряет процесс растворения извести. Если в воде содержится магnezные соли, то гидрат окиси кальция, взаимодействуя с ними, образует бесвязную массу гидрата окиси магния. Сернистые соли, а особенно сернистый кальций, образует с бетоном соли Деваля, что сопровождается увеличением объема и появлением больших напряжений, разрушающих бетон. Если через стенки бетонных труб фильтруется вода, заключающая углекислый газ, то вся углекислота остается возле поверхности, а чистая вода проходит в бетон, растворяет гидрат окиси кальция и, выходя в виде насыщенного раствора гашеной извести, под влиянием углекислоты воздуха, образует натрон углекислого кальция на стенках водоводов. К-ты и щелочи вредно действуют на бетон. Рекомендуется ряд способов для придания стойкости бетону, например применение цемента с добавками шунгитовых или траассовых пород, глиноземистого цемента, покрытие поверхности различными флюатами, торкретирование и пр., но один из этих способов весьма дорог, другие—еще недостаточно изучены. Поэтому до применения бетона следует точно изучить состав сточной жидкости, а также состав грунтовых вод. Применение бетонных труб для водосточных, отводящих атмосферные воды, сопряжено с меньшим риском.

К. из бетонных труб выполнена во многих городах Германии и других стран Европы, в Америке, а в СССР—в Одессе, Алушке, Ялте, Н.-Новгороде, Перми, Оренбурге, на всех группах Кавказских минеральных вод. К. из бетонных труб для отвода хозяйственных и атмосферных вод строится в настоящее время в Ленинграде (на Васильевском о-ве с 1925 г.). На фиг. 7 показан поперечный разрез траншеи для прокладки бетонной трубы в Ленинграде с теми креплениями, которые применялись возле высоких домов.

Все сказанное о бетонных трубах справедливо и для железобетонных. Они применяются гл. обр. при общесплавной системе для главных коллекторов и ливневспусков. Применение металлических (чугунных, железных и стальных) труб для прокладки в земле сравнительно ограничено. Они употребляются как напорные трубы для обхода препятствий, в виде сифонов и дюкеров. В домовладениях чугунные асфальтированные тру-



бы применяются для дворовых сетей в следующих случаях: если они проходят ближе 2 м от стен зданий, погребов и ледников; если трубы проходят близ колодцев, служащих для питья; если труба лежит ниже уровня грунтовых вод, и там, где предполагается большая осадка земли. Для прокладки в земле целесообразно применять чугунные трубы водопроводн. типа.

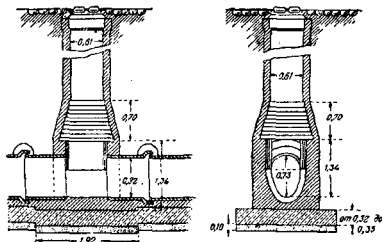


Фиг. 7.

Рвы для прокладки канализационных труб и каналов роются обычно, в виду ограниченности места, с вертикальными стенками. При этом, во избежание обвалов земли, стенки укрепляются распорами (см. *Земляные работы*). Если при копании канав встречается грунтовая вода, то горизонтальные распоры доводят обычно до уровня ее или немного ниже, а нижнюю часть канавы обделывают вертикальными досками, которые по мере углубления канав забиваются ручными бабами. В пильвучих грунтах вдоль стенок канав забивают дощатые шпунтовые ряды (фиг. 7). Деревянная обделка стенок канав служит предохранением против осадки почвы и повреждения зданий. При глубине, превышающей 8—10 м, может оказаться экономически выгодным тоннельный способ работ.

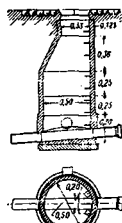
Для удобства осмотра, промывки и прочистки сетей устраиваются смотровые колодцы в местах соединения отдельных канализационных линий, на поворотах, в точках переломов уклонов труб, в ме-

стах соединения дворовых труб с выпусками из зданий и на прямых участках труб. В этом случае, для удобства прочистки труб, они ставятся на расстоянии не более 50 м друг от друга, а в дворовых сетях даже  $> 40$  м; на больших же каналах, через к-рые можно проходить не сгибаясь, это расстояние увеличивается до 100—150 м

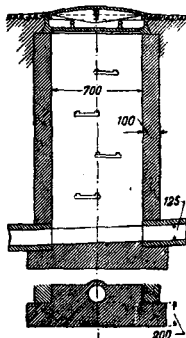


Фиг. 9.

и более. Смотровые колодцы имеют круглое, квадратное, овальное или иное сечение и делаются из кирпича, толщиной в  $\frac{1}{2}$ —1 кирпича, или из бетона, толщиной 10—15 см. При небольших каналах в них помещают иногда задвижки и специальные клапаны для промывки труб. Сверху колодцы закрываются чугунными люками с крышками; для возможности спуска в них в стенки заделываются в шахматном порядке чугунные или железные скобы на расстоянии 0,3—0,4 м друг от друга. На улицах с большим движением колодцы помещают часто в стороне и соединяют с каналами особыми галлереями. На фиг. 8 и 9 изображены смотровые колодцы (на круглой и яйцевидной трубах) в Москве, на фиг. 10 дан несколько иной тип (Кавказские минеральные воды, Сталинград



Фиг. 10.

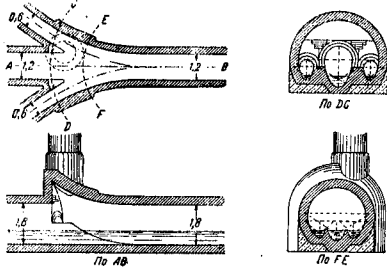


Фиг. 11.

и др.). На фиг. 11 показан смотровой колодец из бетонных колец для дворовых сетей. В дне колодца для сточной жидкости делается особое углубление, соответствующее диаметру трубы, т. н. лоток.

Соединение больших канализационных коллекторов между собой производится т. о., чтобы ось бокового канала была касательной

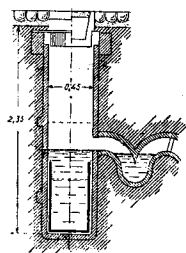
к оси главного, для того чтобы струи протекающей сточной жидкости не перебивали друг друга, не уменьшали этим скорости течения и не способствовали отложению осадков. На фиг. 12 показано соединение трех каналов, перекрытое трубчатым сводом; здесь



Фиг. 12.

виден также смотровой колодец. Для уменьшения количества смотровых колодцев в прежние время устраивались т. н. лампы в колодцах, представляющие собою керамику или бетонную трубу, соединяющуюся с канализационной трубой. Ламповый колодец перекрывался чугунной крышкой на особом фундаменте во избежание порчи трубы. Для осмотра трубы в ламповый колодец опускали горящую лампу, а из смотрового колодца рабочий при помощи зеркала просматривал трубу. В последнее время ламповые колодцы стали применяться как вентиляционные отверстия.

При общеплавной К. для приема атмосферных вод на улицах, площадях и во дворах владений устраивают особые колодцы круглого, квадратного, прямоугольного или

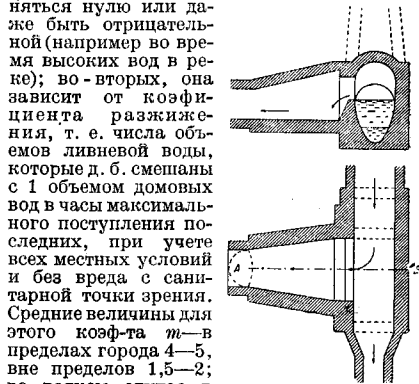


Фиг. 13.

овального сечения с решетками — т. н. дождевые приемники. Они бывают кирпичные, бетонные, керамические, а при небольших размерах, для дворов домовладений, — и чугунные. Решетки делают с прозорами в 15—25 мм. С канализационными трубами приемники соединяются обыкновенно керамическими трубами диаметром 100—150 мм. Для того чтобы газы из сети не выходили наружу, дождевые приемники снабжаются гидравлическими затворами (сифонами). В колодцах делаются отстойники для осаднения песка и тяжелых веществ, и для более удобной очистки (при диаметре 0,45—0,25 м) в них ставят ведра из оцинкованного железа толщиной 3 мм. Площадь стока, приходящаяся на один колодец, принимается в 400—700 м<sup>2</sup>. На фиг. 13 изображен немецкий тип дождеприемника (Гейгера).

Если бы каналы при общеплавной К. рассчитывались на воды ливневые, бывающих всего несколько раз в году и продолжающихся обычно недолго, то каналам пришлось бы

продать очень большие размеры. В виду этого на каналах или в колодцах устраивают особые отверстия — ливневые выпуски, от которых идут кратчайшим путем в водный проток особые каналы — ливневые отводы. Назначение ливневоспусков состоит в том, чтобы сточные воды из каналов, значительно разжиженные дождевой водой, отводить кратчайшим путем в реку. На фиг. 14 показан ливневоспуск и начало ливнеотвода. Конструкция ливневоспуска зависит, во-первых, от разницы между горизонтом сточной жидкости в подводящем канале на уровне водослива (порога) ливневоспуска и горизонтом воды в водном протоке. Эта разница уровней бывает иногда значительной, иногда весьма малой, а в иных случаях она может равняться нулю или даже быть отрицательной (например во время высоких вод в реке); во-вторых, она зависит от коэффициента разжижения, т. е. числа объемов ливневой воды, которые д. б. смешаны с 1 объемом домовых вод в часы максимального поступления последних, при учете всех местных условий и без вреда с санитарной точки зрения. Средние величины для этого коэф-та  $m$  в пределах города 4—5, вне пределов 1,5—2; во всяком случае в каждом данном месте этот вопрос д. б. согласован с санитарным надзором. Нек-рыми городами приняты следующие величины  $m$ :



Фиг. 14.

Варшава . . . . . 0,5  
Бреславль . . . . . 3  
Эмден . . . . . 5  
Данциг . . . . . 2—3  
Гамбург . . . . . 3,4  
Самара . . . . . 4—6  
Мольгаузен . . . . . 8,8  
Кельн . . . . . 2,2—3,5  
Франкфурт н/М . . . . . 4  
Берлин . . . . . 6,4  
Штеттин . . . . . 9,5

Для определения высоты от дна канала, на к-рой следует расположить порог ливневоспуска, можно, определив максимальный секундный расход домовых вод, притекающих к ливневоспуску, умножить его на  $(m+1)$  и определить глубину наполнения канала, пользуясь графиками фиг. 4 и 5, что и будет соответствовать искомой высоте порога. Ширина ливневоспуска определяется обычно по ф-лам гидравлики для расхода через незатопленный (совершенный) водослив, если истечение совершается свободно в водный проток, и через затопленный (несовершенный) водослив, если уровень воды в протоке выше порога водослива, но ниже уровня воды в канале. Для первого случая ширина водослива определяется по ф-ле

$$Q = 0,5 bh \sqrt{2gh},$$

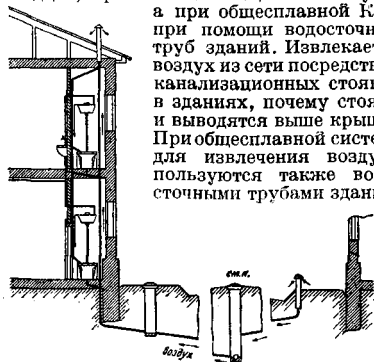
где  $Q$  — расход воды в 1 ск. через водослив,  $h$  — высота слоя воды, сливающейся через порог,  $b$  — ширина водослива и  $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ . Для второго случая служит ф-ла

$$Q = b(0,53h + 0,6a) \sqrt{2gh},$$

где  $a$ —высота слоя воды между порогом водослива и уровнем воды в ливнеотводе. Ливнеотводы расчищаются как обыкновенные каналы; сечение их имеет по большей части лоткообразную или круглую форму.

В нек-рых случаях на пути канализационного коллектора встречается какое-нибудь препятствие, напр. река, овраг, водопроводная или газовая труба и пр.; тогда часть коллектора для перехода через препятствие делается в виде изогнутой трубы, носящей название *дюкера* (см.), перевода. Изогнутая труба, имеющая положение обратное дюкеру, носит название *сифона* (см.).

На стенках канализационных труб происходит отложение осадков, которые, разлагаясь, выделяют дурно пахнущие газы (сероводород, аммиак и др.). Эти газы через домовые ответвления могут проникнуть в жилые помещения. Для устранения этого необходимо устраивать в е т и л я ц ю канализационной сети, для чего с одной стороны в сеть вводят свежий воздух, а с другой — удаляют испорченный. Циркуляция воздуха происходит вследствие разницы температур наружной и в трубах. Введение свежего воздуха в сеть осуществляется при помощи решетчатых крышек смотровых колодез (где нет снежного покрова), ламповых колодез, при помощи специальных туб, а при общесплавной К. — при помощи водосточных труб зданий. Извлекается воздух из сети посредством канализационных стояков в зданиях, почему стояки и выводятся выше крыши. При общесплавной системе для извлечения воздуха пользуются также водосточными трубами зданий,

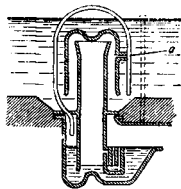


Фиг. 15.

присоединяющимися к уличным каналам в их вершине. На фиг. 15 изображена схема вентиляции сети при разделной канализации.

Для содержания канализационной сети в удовлетворительном состоянии за ней нужен постоянный надзор и уход. Отношение населения к канализационным сооружениям в наших городах самое небрежное: в сеть спускают самые недопустимые предметы, в клозеты бросают мусор, золу, очистки овощей, через колодезы спускают камни, кирпичи, сено, солому, битое стекло и пр.; в результате происходит закупоривание сети, очень часто связанное с приостановкой действия К. в целых населенных районах. В Москве на сто владений, пользующихся К., в 1928 году приходилось 48 засорений, а в Киеве в 1923 г. — 75. Промывка сети может происходить сточной же водой или водой из водопровода. Для промывки

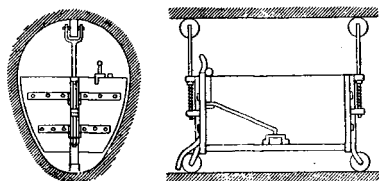
сети канализационной жидкостью в трубах (колодцах или камерах) применяют пробки или задвижки, а в больших каналах — двери, помощью к-рых подпирают воду на вышележащих участках трубы. Открывая быстро задвижки или двери, всю массу воды направляют с большой скоростью в нижележащую по течению часть трубы и т. о. промывают ее. При промывке сети водопроводной водой чаще всего пользуются брандспойтами с пожарными рукавами. Воду для промывки собирают иногда в особые колодезы с сифонами или танками, которые опорожняются автоматически. На фиг. 16 показан автоматич. сифон Женеста и Гершнера, действие к-рого начинается после затопления отверстия и сжатия воздуха под колоколом. Особое внимание следует обращать на должную промывку глухих концов труб. Кроме периодич. промывки сети необходимо прочищать канализационные трубы, проверять механич. приспособления, смазывать задвижки и двери и пр. Небольшие трубы прочищаются протаскиванием между двумя смотровыми колодцами особых цилиндрических щеток при помощи стальных тросов и лебедок, а трубы большего размера — протаскиванием металлч. совков. Большие каналы иногда прочищаются особыми щитами, к-рые приводятся в действие напором самих сточных вод (фиг. 17). Ведро в дождевых приемниках должны быть периодически очищаемы. Случайные засорения прочищаются промывкой, проталкиванием особых приспособлений, носящих название «кошек» и напиминающих собой колючую лану, или стальной проволокой.



Фиг. 16.

При устройстве канализационных сетей иногда бывает невозможно отводить все воды самосплавом и приходится устраивать в о д о п о д е м н ы е сооружения. Сюда относятся насосы, приспособления, действующие разрежением (система Льернура) и сжатым воздухом (система Шона). Кроме того существуют гидравлич. подъемники системы Грибоедова, гидро-пневматические — Адамса, пневматич. — Сальмсона и др. При проектировании насосных станций следует

прежде всего определить число и размеры насосов, согласно притоку сточных вод. Целесообразнее всего пользоваться диаграммой притока сточных домовых вод в день наибольшего расхода их и ливневых вод в часы максимального расхода домовых, нанося на



Фиг. 17.

диаграмму количества воды, к-рые будут подниматься насосами, по часам дня. Если при станции имеется сборный резервуар, то емкость его д. б. принята при расчетах во внимание. С санитарной точки зрения является нежелательным устраивать у насосных станций, расположенных на заселенных территориях, значительные резервуары, в к-рых будут отлагаться взвешенные вещества, могущие гнить. При определении количества насосов следует иметь в виду число работающих в часы максимального притока, присоединяя к ним известный запас машин, в том числе и на случай ремонта. Индикаторная мощность насоса определяется по ф-ле

$$N_i = \frac{\gamma Q(h + h_1)}{75 \cdot \eta_1},$$

где  $Q$ —количество поднимаемых в 1 ск. вод в м<sup>3</sup>,  $\gamma$ —вес 1 м<sup>3</sup> воды ( $\approx 1000$  кг),  $h$ —геометрич. высота подъема в м,  $h_1$ —сумма всех потерь напора при всасывании и нагнетании в м,  $\eta_1$ —кпд насоса, равный 0,50÷0,85. Индикаторная мощность двигателя определяется по формуле

$$N_m = \frac{N_i}{\eta_2},$$

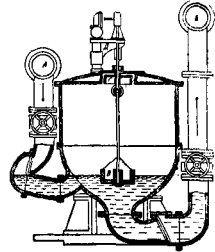
где  $\eta_2$ —кпд двигателя, равный 0,7÷0,9. Насосы употребляют поршневые и центробежные. Конструкция канализационных насосов должна считаться со свойствами сточной жидкости и допускать возможно легкую и быструю очистку насосов.

При проектировании станций для перекачки сточных вод обычно предвидят устройство специальных решеток или сит для удерживания плавающих веществ. Иногда строят автоматические насосные станции: электрич. моторы включаются и выключаются посредством поплавков, плавающих в сточной жидкости в подводщем канале, песколовке или резервуаре. Подъем воды сифонами производится редко. Зарядка сифона происходит или посредством выкачивания воздуха особым насосом или же наполнением сифона водопроводной водой.

По системе Л и е р н у а отводятся только фекальные воды, за исключением хозяйственных. При ней город разделяется на небольшие участки, примерно в 6 га каждый; все отхожие места соединяются чугунными трубами с чугунными герметич. резервуарами, рассчитанными обычно на 500 чел. Резервуары, в свою очередь, соединяются чугунными трубами с главным резервуаром, герметически закрывающимся и расположенным за городом около машинного здания. Местные и главный резервуары можно соответствующим образом включать и выключать из работы посредством задвижек, поставленных на трубопроводах. Производя насосом разрежение воздуха в местном резервуаре, заставляют нечистоты из отхожих мест поступать в него, а производя разрежение в главном резер-

вуаре, переводят нечистоты из местных резервуаров в главный. Из нечистот добывают удобрение, но с санитарной точки зрения этот метод неудовлетворителен.

При системе Ш о н а подъемный аппарат (эжектор) приводится в движение сжатым воздухом, доставляемым к нему со станции. Эжектор (фиг. 18) представляет собою чугунный резервуар; по трубе А в него поступают сточные воды, а по трубе Б они удаляются из него под действием сжатого воздуха, поступающего из распределителя Д. Чашка-поплавок В, соединенная стержнем с чашкой Г, поднимается и опускается вместе с уровнем жидкости и автоматически приводит в действие аппарат. Система Шона работает в нек-рых городах З. Европы, а равно применялась прежде для нек-рых частей Киева и на московских бойнях. В Харькове она применяется для перекачки ила из отстойников биологич. станции на площадки для подсушки.



Фиг. 18.

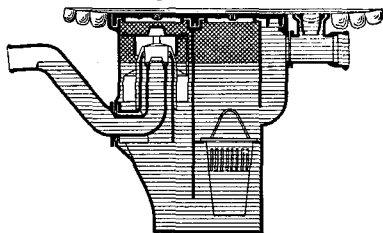
Сточная жидкость поступает в уличную сеть через домовые канализационные устройства. Последние разделяются на дворовую и домовую сети (трубопроводы и т. н. санитарные приборы, или приемники—клизеты, писсуары, раковины, умывальники). О дворовой сети уже сказано выше. Трубы в зданиях, отводящие сточную жидкость, носят название стояков (вертикальные) и отводных. Фановыми называют трубы, несущие экскременты, т. е. воды от ватерклозетов. Стояки выводятся выше крыши для вентиляции сетей. Размеры труб по правилам Всесоюзных водопроводных и санитарно-технических съездов приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Размеры домовых канализационных труб.

Назначение труб	Отводные трубы		Уклоны	Стояки	
	чугунные	железные		чугунные	железные
	в мм	в дм.		в мм	в дм.
От одиночных и двойных кухонных раковин, писсуаров, умывальников и одиночных ванн . . . . .	50	1 1/2	0,01	50	2
От 2 до 6 вышеуказанных приемников, за исключением ванн . . . . .	50	2	0,035—0,025	75	2 1/2
От 7 и более вышеуказанных приемников за исключением ванн . . . . .	75	2 1/2—3	0,025—0,015	100	4
От больших кухонных раковин и приборов для мытья посуды . . . . .	75	2 1/2—3		75	2 1/2—3
От клозетов . . . . .	100	—		100	—
От нескольких 100-мм стояков, если это является необходимым по числу и расположению приемников . . . . .	125	—	0,015—0,010	—	—

Примечание. Одна ванна принимается за 1 1/2 раковины.

Уклон отводных труб от приемников до стоков делается, независимо от диаметра, в 0,01. Стойки должны располагаться внутри зданий, но их не следует заделывать в стены. Диаметр вытяжных труб внутри зданий делается одинаковым с диаметром сточных частей, а на чердаке и выше крыши, где возможно промерзание труб,—на 50 мм более сточных. Диаметры спускных труб для дождевой воды с крыши делаются в 100, 125 и 150 мм, а с крылец, балконов и пр.—50 и 75 мм. Сточные трубы для домовый сети употребляются чугунные асфальтированные. Свинцовые трубы нежелательны, т. к. они плохо противостоят механическим повреждениям. Чугунные канализационные трубы еще не нормированы в СССР. На чугунных сточных трубах для прочистки их местами ставятся особые фасонные части—резины и, имеющие отверстия, герметически закрывающиеся крышками. Все санитарные приборы должны иметь гидравлические затворы (сифоны), расположенные непосредственно под ними и препятствующие проникновению газов из канализационной сети в помещения. Все приборы, кроме клазетов, д. б. снабжены решетками, прикрепленными наглухо, с отверстиями не более 6 мм, причем общая площадь их д. б. не более площади поперечного сечения отводной



Фиг. 19.

трубы, предпочтительно—не более половины ее. Все санитарные приборы должны иметь округлую форму, чтобы грязь не могла нигде задерживаться, и д. б. сделаны из материалов, не поддающихся влиянию сточной жидкости. Лучший материал для клазетных чаш—фаянс и штейнгут. В последнее время за границей появились чаши т. н. консольного типа, к-рые прикрепляются к стене, так что пол под ними легко содержать в чистоте. Писсуары делаются фаянсовые, чугунные эмалированные и керамические (плиточные). Последние особенно хороши для мест общественного пользования. Число мест в общественных уборных и общежитиях рассчитывается по 1 очку на 20—25 чел.

В последнее время при развитии автомобильного дела с полов гаражей может попадать в канализационную сеть бензин; в таких случаях необходимо ставить особые бензиноотделители, которые отделяют бензин в силу разности удельных весов его и воды (фиг. 19). К у о н н ы е раковины и мойки делаются керамические, фаянсовые, фарфоровые, чугунные эмалированные и медные луженые. При раковинах в больших кухнях и ресторанах для улавливания

сала следует ставить т. н. салные горшки. У м ы в а л ь н и к и делаются медные, железные оцинкованные, чугунные и фаянсовые. По обязательным постановлениям, в СССР один умывальный кран приходится на 4—20 чел. В а н н ы делаются цинковые, железные оцинкованные, чугунные эмалированные, медные, фаянсовые, мраморные, гранитные, бетонные, железобетонные, из каменной кладки и проч. Одна ванна в общежитиях, больницах и пр. устраивается в СССР на 25 человек.

**Стоимость сооружений.** Для оценки строительной стоимости канализационных сетей имеется очень разнообразный и ненадежный материал, основанный на различных методах подсчета. Для ориентировки могут служить следующие цифры (без технич. надзора и составления проекта). При общесплавной системе в нек-рых городах З. Европы стоимость сети обошлась в 28—54 р. на 1 н. м и 22—35 р. на жилища, в Бармене полная раздельная К. обошлась в 42 р. на 1 н. м, в Москве раздельная неполная (II очер.) К.—31 р. 87 к. на 1 н. м с административно-техническими расходами. По материалам Гл. упр. комм. хоз. НКВД РСФСР стоимость раздельных неполных К. по сметам для нек-рых городов обходится от 22 р. 67 к. до 57 р. 56 к. на 1 н. м протяжения сети в современных, золотых рублях. Устройство насосных станций, по данным для Москвы, обошлось от 11 р. 42 к. до 14 р. 70 к. (в довоенных рублях) на 1 м<sup>3</sup> перекачиваемой сточной жидкости в сутки. Что касается эксплуатационных расходов, то, по довоенным данным, стоимость отведения 1 м<sup>3</sup> сточной жидкости на очистные сооружения для систем сплавного типа составляла 5—7 к., а с районными станциями 7—9 к.; расход на текущий ремонт канализационных сетей и др. сооружений равняется примерно 0,5—1% их стоимости.

Лит.: Давилов Ф. А., Удаление и обезвреживание городских нечистот, канализация, очистка сточных вод, М., 1927; Е и ш А. К., Канализация городов и очистка сточных вод, СПб., 1903; З в я г и н с к и й Я. Я., Канализация зданий, М.—Л., 1928; е г о ж е, Канализация г. Москвы, М., 1929; И в а н о в В. Ф., Канализация населенных мест, Одесса, 1926; е г о ж е, Водообеспечение и канализация поселков, М.—Л., 1927; У ш а к о в Н., Канализация населенных мест, М.—Л., 1927; Ч и ж о в Н. К., Водоотки, канализация городской и домовая, СПб., 1895—96; Каменно-керамические канализационные трубы и фасонные части к ним, ОСТ 68—73, 1927; Постановления Бюро Всесоюзных водопровод. и санитарно-техническ. съездов. Основные положения для составления проектов водоснабжения и канализации, Москва, 1927; Правля устройства домовой канализации, Москва, 1923; G e n z l e r E., Die Entwässerung d. Städte, Lpz., 1924; K n a u f f K., Taschenbuch d. Stadtentwässerung, 4 Aufl., Mch., 1925; K n a u e r H., Kanalisation, Strelitz in Mecklenburg, 1924; P u t z e y s F., Questionne P. S c h o o f s F., R u l o t H., Assainissement des villes, Paris, 1925.

Я. Зависимый.

**КАНАЛЫ СУДОХОДНЫЕ**, искусственно созданное русло, по своим размерам допускающее движение по нему судов. В зависимости от того, для каких судов, морских или речных, предназначаются каналы, они делятся на а) морские и б) внутренние, плавания.

**Морские каналы** можно подразделить по целим устройства на три главнейших вида: 1) каналы, соединяющие моря для сокращения длины пути; 2) каналы подходные, устраиваемые с целью дать возможность морским судам подходить к крупным промышленным

центрам, если естественная глубина недостаточна для этого; 3) каналы входные в портах. Каналы первого вида устраиваются как открытыми, т. е. свободно соединяющими моря, так и шлюзованными; иногда шлюзованными устраиваются и каналы второго вида, но б. ч. они устраиваются открытыми; каналы эти иногда ограждаются дамбами. Направление каналам дают по возможности приливнейное. Если по местным условиям необходимы закругления, они д. б. очерчены по кривым достаточно большого радиуса; на кривых участках ширина канала увеличивается. Величину уширения обычно определяют (в м) по ф-ле:  $E = 26 - \frac{R}{100}$ , где  $E$  — уширение и  $R$  — радиус закругления в м. Дно канала в продольном направлении делается обычно горизонтальным.

Сопротивление движению судов по каналам даже при небольших скоростях, по сравнению с сопротивлением в неограниченном водном пространстве, значительно больше; оно зависит от формы судна и размеров сечения канала, быстро возрастая с увеличением скорости и уменьшением размеров сечения канала. Это сопротивление  $S$  можно получить из сопротивления судна  $s$  на пути неограниченных размеров путем умножения на некоторый коэффициент  $\epsilon$ , называемый коэффициентом сопротивления пути:  $S = \epsilon s$ .

При одинаковых прочих условиях сопротивление движению по каналу зависит от отношения площади сечения канала  $\Omega$  к площади миделевого сечения судна  $\omega$  (сечения по миделевому шпангоуту). Наиболее употребительно соотношение для наибольшего судна  $n = \frac{\Omega}{\omega} \geq 5$ . Запас глубины под килем для судов наибольшей осадки делается не менее 1,0 м. Заложение откосов К. с. делается в зависимости от грунта берега и способа укрепления; обычно оно равно 2:1—3:1; если же канал представляет прорез в открытой части моря или речном русле, то стенки прореза образуются в виде естественного откоса грунта и не укрепляются. Берег канала укрепляется как выше поверхности воды, так и ниже ее для защиты от волнения, развивающегося при проходе судов. Если канал пресноводный, возможно укрепление берега растительностью или каменной наброской, сухой кладкой, фашинами и пр.; для каналов с морской водой укрепление растительностью неприменимо.

Примерами К. с., соединяющими моря, могут служить каналы Суецкий и Панамский. Суецкий канал, между Средиземным и Красным морями, от Порт-Саида до Суэца, — открытый; начат постройкой в 1859 году. Ширина по дну первоначально была 22 м, глубина 8 м. В дальнейшем ширина была увеличена до 45 м на глубине 11 м, а местами и до 60 м на глубине 10 м. Из общей длины в 161 км 87% приходится на прямые участки; на длине 14,5 км канал проходит по озерам. Выходы в моря ограждены молами. Панамский канал в море огражден молами. Панамский канал, между Мексиканским заливом и бухтой Лиман на Тихоокеанском побережье, общей дл. 81 км, — шлюзованный. Ширина канала — от 91,5 до 300 м, глубина — 12,2 м

в шлюзованной части и 13,7 м в подходе к последней. Средняя шлюзованная часть, длиной 51 км, имеет горизонт воды на 26,0 м выше уровня океана.

Примерами по одним каналам могут служить многие каналы на побережье Балтийского, Азовского и Черного морей (Ленинградский, Ростовский, Николаевский, Мариупольский и др.).

Входные каналы в портах на песчаных побережьях также имеются во многих портах СССР. Глубина их образуется и поддерживается землечерпанием; для сохранения ее часто входные каналы ограждаются молами.

Каналы внутреннего плавания устраивают не только тогда, когда нужно создать водный путь для соединения двух рек, разделенных водоразделом, но нередко и вдоль существующих рек и озер, когда эти последние почему-либо не м. б. использованы с выгодой и удобством для судоходства. Каналы первого рода называются соединительными и, причём если канал проходит через водораздел, то он устраивается всегда шлюзованным; наивысший его бьеф называется раздельным. Каналы второго рода называются боковыми и, или обходными. Озера, входящие в водные системы, обыкновенно обходятся каналами во избежание опасностей для речных судов при волнении, устранение к-рых требует от судов более прочной конструкции, и неудобные К. с. устраивают как открытыми, так и шлюзованными.

Проблема к шлюзованию каналов вообще приходится в случаях 1) когда открытый канал требует слишком больших работ, 2) когда питание канала водой недостаточно, чтобы обеспечить глубину, требуемую судоходством, и 3) когда скорости в каналах при открытом состоянии вызвали бы затруднения для движения судов.

В каналах внутреннего плавания размеры и форма сечения их определяются, с одной стороны, условием минимума земляных работ по устройству ложа канала, а с другой, — требованием, чтобы при движении по каналу судов с определенной, установленной экономич. условиями скоростью судно не испытывало чрезмерных сопротивлений, делающих самую эксплуатацию канала дорогой и невыгодной для судоходства. Вопрос о выборе наиболее рационального типа поперечного сечения канала подвергался обширным исследованиям и не может считаться окончательно решенным и в настоящее время. Крайними типами являются трапециoidalный и криволинейный, но имеет большое распространение и ложбинообразный, образованный рядом пересекающихся прямых.

Фиг. 1 дает представление о поперечных сечениях французских и германских каналов. В СССР поперечные сечения каналов имеют трапециoidalную форму, и размеры их зависят гл. образом от размеров судов, совершающих по ним рейсы, интенсивности судоходства и свойств грунтов, из которых состоят откосы берегов.



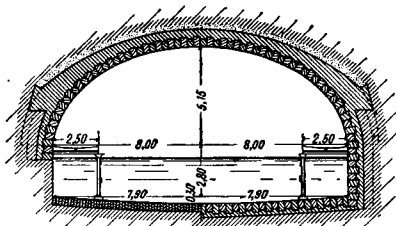
Фиг. 1.

В СССР судоходные каналы имеются почти на всех водных системах. В Мариинской системе, соединяющей Ленинградский порт с г. Рыбинском, имеются каналы: Приладожский, Онежский, Белозерский и Ново-Мариинский. Приладожские каналы образуют две параллельные друг другу линии старых и новых каналов. К старой линии принадлежат каналы: Старый Ладожский, дл. 110,94 км, Старый Сясьский, дл. 10,66 км, Старый Свирский, дл. 51,20 км. К новой линии принадлежат каналы: Новый Ладожский, дл. 110,41 км, Новый Сясьский, дл. 10,24 км и Новый Свирский, дл. 45,87 км. Новые Приладожские каналы имеют ширину по дну 25,60 м. Откосы каналов: от подошвы у дна до высоты 1,7 м двойные, далее на высоту 1,06 м — тройные, а верхние — опять двойные. Белозерский канал имеет ширину по дну до 23,47 м; откосы берегов — полуторные, глубина канала при нормальном подпертом горизонте 2,13 м. Ново-Мариинский канал имеет ширину от 21,33 до 23,5 м; подводные откосы в землистых грунтах — двойные, надводные — полуторные, в плитном грунте — половинные. Глубина воды при нормальном подпертом горизонте 2,13 м. В Вышневолоцкой водной системе имеются каналы: Тверецкий, Цнинский, Сиверсов и Вишерский. Тверецкий канал, соединяющий р. Тверцу с р. Цной, имеет длину 2,9 км, ширину по дну 21,33 м, глубину от 2,13 до 3,62 м. Правый берег канала держится в естественном состоянии, левый укреплен на всем протяжении гранитной обделкой. Цнинский канал (обходит плотину с Цнинским бейшлотом) имеет длину 1,17 км, ширину по дну 21,33 м и глубину от 2,83 до 3,55 м. Берега канала имеют гранитную обделку. Сиверсов канал, соединяющий р. Мсту с р. Волховом, имеет длину 9,06 км и ширину по дну 21,33 м. Вишерский канал, соединяющий р. Вишеру с р. Мстой, имеет длину 15,46 км и ширину по дну 9,59 м. В Березинскую водн. систему, соединяющую Днепр с Зап. Двиной, входят каналы: Сергучевский, Соединительный, Веревский, Лепельские 1-й и 2-й и Чашницкий. Сергучевский канал, соединяющий р. Сургут с Березиной, имеет дл. 9,03 км и шир. по дну 10,66 м. Соединительный канал, соединяющий оз. Плавно с оз. Берешто, имеет длину 7,48 км, ширину по дну 17,06 м. Канал проложен в торфе. Глубина канала от 0,6 до 1,7 м. Веревский канал, соединяющий р. Берешту с р. Ессою, имеет длину 2,62 км, ширину по дну 10,66 м; глубина фарватера 1,49 м. 1-й Лепельский канал соединяет оз. Просно с оз. Лепельским, длина канала 0,49 км, ширина по дну 17,06 м. 2-й Лепельский канал обходит верхнюю часть р. Уллы при выходе ее из Лепельского озера, имеет длину 0,23 км, ширину по дну 12,8 м. Чашницкий канал имеет длину 1,2 км, ширину по дну 12,8 м. В Тихвинской водной системе имеется Тихвинский канал, идущий по раздельной части системы. В Сибири имеется соединительный канал Обь-Енисейского водного пути; он соединяет оз. Большое и р. Малый Кас и имеет длину 7,83 км. Ширина канала по дну выполнена в 12,8 м.

При устройстве соединительных каналов, пересекающих высокие водоразделы, неред-

ко в целях снижения стоимости работ, а иногда и по условиям питания каналов, раздельный бьеф его устраивают в туннеле. Поперечное сечение этих туннелей бывает различное, гл. обр. в зависимости от того, рассчитаны ли они на встречное движение судов или на одностороннее. На фиг. 2 изображено сечение туннеля Сен-Кентенского канала, рассчитанного на одностороннее движение судов, а на фиг. 3 — сечение Кондского туннеля для двустороннего движения судов. Оба эти канала находятся во Франции.

Во избежание повреждения от волнения при проходе судов откосы каналов укрепляются в пределах волнения (волнобоя) наиболее целесообразным в данных местных условиях способом. Выбор типа укрепления в каждом данном случае зависит конечно от того, какой материал имеется под рукой и из какого материала постройка и содержание укрепления будут стоить дешевле. В СССР укрепления берегов по типам их могут быть разделены: 1) на укрепления, для постройки которых употребляется лес в разных видах (бревна, пластины, доски, хворост), 2) укрепления из камня разных пород и 3) укрепления так называемого смешанного типа — из дерева и камня.



Фиг. 3.

Для производства бечевой тяги на всем протяжении канала устраиваются по берегам особые пути, т. н. бечевники. При одностороннем движении судов бечевники устраиваются с одной стороны, при двустороннем — по обоим берегам канала. В местах впадения в канал рек, для возможности перехода через них, устраиваются так называемые бечевные мосты.

Питание каналов водой производится в зависимости от местных условий как с конов, так и на протяжении канала посредством особых питательных каналов, а также и естественных водостоков. В отдельных случаях питание каналов производится из специально устраиваемых для этой цели водохранилищ. Для регулирования горизонта воды в канале, на протяжении его устраивают специальные сооружения — водосливы (см.) и водоспуски (см.).

Пропускная способность каждого канала как искусственного пути имеет предел.

зависящий от размеров его поперечного сечения, типов плавающих по нему судов и скорости их движения, а также от размеров шкивов, если они на нем имеются, и совершенства их оборудования.

Лит.: Акулов К. А., Суходолные каналы и их устройство, Сиб., 1913; Акулов К., Брин и Г. В., Мадрид и М., Курс внутр. водных сообщений, т. 2, М.—Л., 1928; K. A. Engelhardt E., Kanal- und Schleusenbau, Handbibliothek f. Baugewerbe, T. 3, B. 2, V., 1924; Handbuch d. Ingenieurwissenschaften, T. 3—Der Wasserbau, Leipzig, 1912—1924; Blézet M., Cours de ports et travaux maritimes, livre 3, P., 1923.

### КАНАТНАЯ ДОРОГА, см. Подвесные дороги.

**КАНАТНАЯ ПЕРЕДАЧА** служит для передачи вращательного движения от одного вала к другому при помощи гибкого тела — каната, охватывающего шкивы, сидящие на ведущих и ведомых валах. Характерная особенность К. п. по сравнению с зубчатой заключается в ее плавности; внезапное увеличение крутящего момента вызывает лишь усиление скольжения каната, благодаря чему предотвращается резкое увеличение напряжений в движущихся частях системы. В тех случаях, когда требуется сохранение безусловно точного соотношения между скоростями валов, К. п. (так же как и ременная) не м. б. применена. К. п. удобна для передачи умеренных окружных скоростей при больших расстояниях между осями валов и в тех случаях, когда требуется распределить энергию на несколько валов. При расстояниях между осями до 25 м применяют пенкковые и хл.-бум. канаты, при больших расстояниях — проволочные канаты.

Существуют две основные системы К. п.: 1) параллельная, когда шкивы несут ряд параллельных замкнутых канатов, и 2) последовательная, или круговая, передача, при которой применяется только один канат, но длина его такова, что он охватывает все ручки (желоба) шкивов, последовательно переходя с ведущего шкива на ведомый и обратно на ведущий. Преимущество параллельной передачи заключается в том, что при разрыве одного каната передача не нарушается: остальные канаты принимают на себя всю работу, и это не представляет никакой опасности, так как при параллельной передаче всегда добавляется 1—2 каната к расчетному их числу. Преимуществом последовательной передачи является определенность фактического натяжения в концах канатов, всецело зависящая от груза, к-рым нагружается оттяжной аппарат.

**Передача при помощи пенкковых и хл.-бум. канатов.** Пенкковые канаты изготовляются из баденской, русской или из более крепкой — манильской пенки (последняя отличается большей устойчивостью против атмосферных влияний). Хл.-бум. канаты отличаются мягкостью и гибкостью и поэтому применяются для шкивов малых размеров. В настоящее время кроме крученных канатов круглого сечения применяют канаты квадратного сечения, а также трех-, шести- и восьмигранного и трапециoidalного сечений, плетеные, но патенту Бека, из прядей правой и левой крутки, чем абсолютно исключается возможность раскручивания каната во время его работы. Плетеные по такому способу канаты отличаются относи-

тельно большей гибкостью. Для канатной передачи наиболее употребительны круглые канаты diam. 45—50 мм и равноценные им по передаваемой мощности квадратные канаты со стороною 40 и 45 мм. Канаты меньших сечений употребляют только при незначительных мощностях и при шкивах малых диаметров; следует стремиться, чтобы diam. шкива  $D \geq (40-50)$  diam. каната; минимальными размерами шкивов можно считать: для пенккового каната  $D=25$  diam. каната (это относится также и к направляющим и натяжным шкивам), для манильской пенки  $D=30$  diam. каната и для хл.-бум. прядки  $D=20$  diam. каната. В случае необходимости принять для  $D$  меньшие значения надо уменьшить нагрузку или же считать ее с меньшей долговечностью каната. Для сращивания канатов расплетают их концы на длину от 2 до 4 м, укорачивают ступами и вплетают распущенные пряди друг в друга таким образом, чтобы диаметр каната заметно не увеличивался.

Соотношение сил и напряжений в передачах с пенкковыми и хл.-бум. канатами. Следует отметить четыре отличительных свойства К. п.

1) В К. п. канат ложится в ручей шкива, опираясь не на дно ручья, а на конич. поверхность его щек. При таком расположении каната сила трения значительно увеличивается; если канатнажат силой  $S$ , то на щеках ручья появятся силы нормального давления  $N$ ,  $N$  и трения  $T$ ,  $T$  (фиг. 1). По условию равновесия:

$S = 2N \sin \beta + 2T \cos \beta = 2N (\sin \beta + \mu \cos \beta)$ ,  
где  $\mu$  — коэффициент трения. Если  $P$  — сила трения, вызываемая натянутым канатом, то

$$P = 2N\mu = \frac{S\mu}{\sin \beta + \mu \cos \beta} = S\mu',$$

где  $\mu'$  — приведенный коэффициент трения:

$$\mu' = \frac{\mu}{\sin \beta + \mu \cos \beta}$$

При обычном угле ручья шкива,  $2\beta = 45^\circ$ , получим следующие значения  $\mu'$  при различных значениях  $\mu$ :

$\mu$	0,200	0,250	0,300	0,350
$\mu'$	0,435	0,522	0,603	0,679

Камерер при опытах с канатами из манильской пенки получил  $\mu' = 0,6$  при отсутствии скольжения и при отношении напряжений в ведущем и в ведомом концах каната  $\sigma_1 : \sigma_2 = m = 6,5$ . Бонт получил  $\mu' = 0,79$  и  $m = 10,3$  при высоком полезном напряжении  $\sigma_n$  (полезным напряжением называется разность напряжений:  $\sigma_n = \sigma_1 - \sigma_2$ ). Сильное увеличение коэф. трения при больших скоростях, характерное для ременной передачи, не является характерным для К. п.

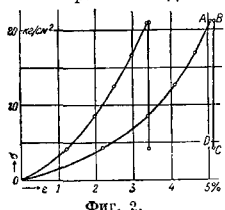
2) К. п. по сравнению с ременной отличается меньшей эластичностью, несмотря на то что провес из-за больших расстояний между осями при канатной передаче оказывает свое смягчающее влияние.



3) Несмотря на высокое временное сопротивление разрыву как отдельных волокон: пеньки ( $4\ 000-5\ 000\ \text{кг/см}^2$ ), так и готовых канатов ( $900-1\ 500\ \text{кг/см}^2$ ), которое от 3 до 5 раз больше временного сопротивления на разрыв кожи, все же способность воспринимать нагрузку у канатов относительно меньше, так как вследствие частых и непрерывающихся изгибов каната и меняющихся напряжений сплетение между волокнами постепенно уменьшается. Чем выше напряжение в канате, тем раньше он ослабевает, чаще поддается пересрачиванию и быстрее изнашивается. Особенное внимание следует обращать на срачивание, которое является слабым местом каждого каната. Ослабевание каната объясняется еще тем обстоятельством, что канат постепенно сплющивается в клиновидных ручьях шкива, перемещается ближе к дну ручья и передает энергию на уменьшенном диаметре, что равносильно удлинению каната и уменьшению его напряжения. Для восстановления нужного для работы передачи напряжения необходимо укоротить канат, что значительно сложнее укорачивания ремня.

4) Наконец нет возможности получить равномерное распределение нагрузки на все канаты одной передачи, как это имеет место в сечении ремня. Практически очень важно следить за тем, чтобы ручья были одинаковой формы и глубины. Так, если два различных по глубине ручья на одном шкиве соответствуют двум одинаковым по глубине на другом шкиве, то один канат стремится передать другой, в результате чего вызывается усиление напряжения и нагрузки. Но и при равных условиях канаты одной передачи отличаются различными провисаниями и соответственно различными напряжениями. Во избежание перегрузки отдельных канатов не следует брать среднее напряжение слишком высоким.

Согласно опытам Баха, новые слабо скрученные канаты из баденской пеньки диам. 55 мм при первой нагрузке дают значительное удлинение. Изменение относительного удлинения  $\epsilon$  нового каната в зависимости от его напряжения дает кривая  $\Delta A$  (фиг. 2).



Фиг. 2.

При продолжительном действии нагрузки наступает упругое последствие: после 120 часов канат дал удлинение еще на величину  $AB$ . При удалении нагрузки уменьшение удлинения каната было незначительно, как это показывает точка  $C$ . Благодаря возникшему упругому последствию после 34 ч. удлинение уменьшилось до точки  $D$ . Относительные удлинения сильно скрученного каната диаметром 39 мм представлены другой кривой на той же фиг. 2. При натяжке новых канатов следует учитывать их большую деформацию и упругое последствие. Часто во избежание скорого пересрачивания канаты сильно вытягивают, что однако вызывает ненужные высокие

давления на оси. Детальное изучение показывает, что меньшим нагрузкам соответствуют относительно большие удлинения и коэффициенты упругости  $\alpha = 1/E$ , т. е. при меньшей нагрузке канаты отличаются относительно большей упругостью в работе. Бах дает для  $\alpha$  величину между  $1/4\ 000$  и  $1/10\ 000\ \text{см}^2/\text{кг}$ ; соответственно этому зависимость между напряжением и упругим удлинением при работе изобразится кривой фиг. 3. Следует отметить, что масштаб для удлинения  $s$  фиг. 3 по сравнению с фиг. 2 в два раза больше.

Расчет К. п. Расчет параллельной К. п. аналогичен расчету ременной передачи (см.). Силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  ведущего и ведомого концов канатов определяются по формулам:

$$T_1 = \frac{Pm}{m-1} + q \frac{v^2}{g},$$

$$T_2 = \frac{P}{m-1} + q \frac{v^2}{g},$$

где  $P = T_1 - T_2$  есть величина окружного усилия в кг,  $q$  — вес  $n$  каната в кг,  $v$  — скорость движения каната в м/сек,  $m = \sigma_1 \sigma_2 = e^{\mu \alpha}$ , где  $e$  — основание натуральных логарифмов и  $\alpha$  — угол охвата меньшего шкива канатом.

Так как К. п. редко располагается горизонтально и ведущий шкив обычно находится внизу, а ведомые наверху, причем иногда на значительной высоте, то нельзя пренебрегать силой растяжения  $k_1$ , вызываемой собственным весом и равной  $Hq$ , где  $H$  — расстояние по вертикали от точки схода ведущего конца с ведомого шкива до точки входа на ведущий шкив. Учитывая эту поправку, получим:

$$T_1 = \frac{Pm}{m-1} + q \frac{v^2}{g} + Hq.$$

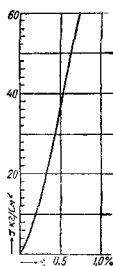
Для предварительного расчета полагают  $P = Fk_n$ , где  $F$  — площадь сечения всех канатов,  $k_n$  — расчетное полезное напряжение, которое берется в зависимости от отношения диам.  $D$  шкива к диам.  $d$  каната, а именно:

$k_n = 4,5\ \text{кг/см}^2$  при  $\frac{D}{d} \geq 30$  и  $k_n = 6,5-8\ \text{кг/см}^2$

при  $\frac{D}{d} \geq 50$ . Скорость  $v$  на окружности шкива принимается в среднем от 15 до 20 м/сек,  $d$  берется от 40 до 55 мм. Зависимость между передаваемой мощностью  $N$  (в HP) и окружным усилием  $P$  (в кг) выражается ур-ием ( $\eta$  — КПД передачи):

$$N = \frac{P \eta v}{75}.$$

Расчет последовательной передачи (фиг. 4) производится на основе следующих соображений. Ведущий конец  $T_1$  ведомого шкива  $O_2$ , обогнув ведущий шкив  $O_1$ , переходит в ведомый конец  $T_2$  шкива  $O_2$  и затем — в его ведущий конец  $T_3$ ; ведущий конец  $T_3$ , обогнув шкив  $O_1$ , переходит в ведомый конец  $T_4$  шкива  $O_4$ , ведущий конец  $T_4$  последнего переходит в концы  $T_5$  и  $T_6$  оттяжного шкива  $O_5$  и переходит в ведомый конец  $T_2$  шкива  $O_1$ , замыкая всю цепь. Окружные усилия



Фиг. 3.

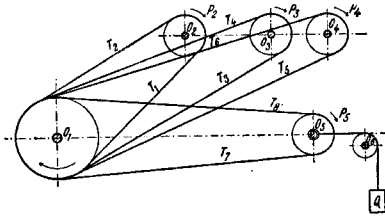
ведомых шкивов в предположении, что они имеют по одному ручью, определяются из уравнений:

$$P_3 = T_1 - T_4; P_3 = T_3 - T_4; P_4 = T_5 - T_6; P_5 = T_7 - T_8.$$

Окружные усилия на ведущем шкиве, соответствующие отдельным охватам концов каната, определяются из ур-ий:

$$P_1' = T_1 - T_4; P_2' = T_3 - T_6; P_4' = T_5 - T_6; P_5' = T_7 - T_8.$$

Так как окружное усилие  $P_4'$  передается на шкив  $O_2$ , то оно должно равняться  $P_2$ ; точно

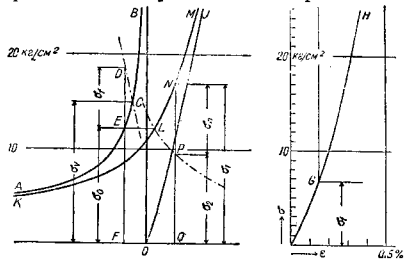


Фиг. 4.

так же  $P_3' = P_3; P_4' = P_4; P_5' = P_5$ ; следовательно  $T_1 - T_2 = T_1 - T_4; T_3 - T_4 = T_3 - T_6; T_5 - T_6 = T_5 - T_6; T_7 - T_8 = T_7 - T_8$  и  $T_2 = T_4 = T_6 = T_8$ , т. е. натяжения ведомых концов равны между собой и не зависят от передаваемой на шкив работы. Для оттяжного шкива  $P_5 = 0$  и  $T_7 = T_8 = 1/2 Q$ ; т. о. в последовательной К. п., осуществленной по схеме фиг. 4, напряжения в ведомых концах определяются натяжком грузом  $Q$ . Зная же передаваемые мощности, легко определить натяжения и в ведущих концах.

Проф. Рётлер дает метод расчета К. п. при помощи расчетных кривых, построенных на основе кривой провисания и кривой удлинений, полученных из опыта и учитывающих влияние напряжений и удлинений каната от предварительной его натяжки, центробежной силы, полезной нагрузки и от длины ведущего конца каната. (Описание построения расчетных кривых, см. *Ременная передача.*)

Рассмотрим следующий пример. Работа передается между двумя шкивами диаметром  $D_1 = 5\ 500$  мм и  $D_2 = 2\ 500$  мм на расстоянии



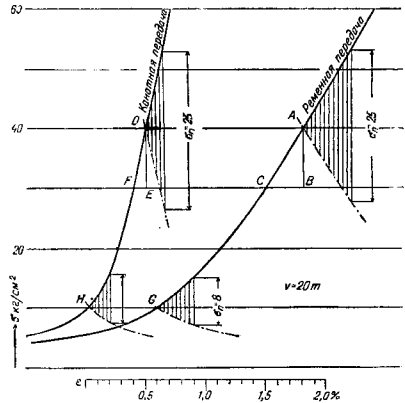
Фиг. 5.

20 м, число канатов  $z=12$ , диаметр каната  $d=50$  мм, полезное напряжение  $\sigma_n = 7,5$  кг/см<sup>2</sup> и скорость канатов  $v=25$  м/сек. Напряжение от предварительной натяжки  $\sigma_p = 15$  кг/см<sup>2</sup>. Для определения осевых давле-

ний и напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  в канате строим на кривой провисания  $AB$  (фиг. 5) в точке  $C$ , соответствующей начальному натяжению, зеркальное изображение отдельно вычерченной линии удлинения каната  $GH$  и откладываем в виде вертикальной прямой  $DE$  напряжение  $\sigma_r$ , вызываемое центробежной силой, возникающей при вращении шкивов, которое определяют по ф-ле (в кг/см<sup>2</sup>):

$$\sigma_r = \frac{\gamma \cdot v^3}{10g} = \frac{1,00 \cdot 25^3}{10 \cdot 9,81} = 6,37,$$

где  $\gamma$  — вес 1 дм<sup>3</sup> каната, равный  $\sim 1$  кг. Отрезок  $EF$  будет выражать величину напряжения  $\sigma_0$ , возникающего при холостом ходе в обеих частях каната, равного 12,2 кг/см<sup>2</sup>. Далее строим кривую удлинения, укороченную на величину напряжения  $\sigma_r$ , т. е. часть кривой  $GH$ , вправо от точки  $O$  в виде кривой  $OJ$ , после чего находим путем нанесения ее абсцисс на кривую провисания  $AB$  расчетную кривую  $KLM$  для скорости 25 м/сек. Соответствующая точка  $e$   $L$ , лежащая на высоте  $\sigma_0$ , является исходной точкой для определения напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  в обоих концах каната. Между расчетной кривой  $KM$  и кривой ее зеркального изображения,



Фиг. 6.

пересекающихся в найденной точке  $L$ , отсекают отрезок  $NP$ , равный заданному полезному напряжению  $\sigma_n = 7,5$  кг/см<sup>2</sup>, и получают отрезок  $PQ$ ,  $k$ -ый и будет равняться напряжению  $\sigma_2$  в ведомом конце каната, и отрезок  $NQ$ , равный напряжению  $\sigma_1$  в ведущем конце каната, причем согласно принятому на чертеже масштабу  $\sigma_n = 9,4$  кг/см<sup>2</sup> и  $\sigma_1 = 16,9$  кг/см<sup>2</sup>.  $N_p$  — мощность, передаваемая при помощи 12 канатов, определяется из уравнения (в HP):

$$N_p = \frac{z \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \sigma_n \cdot v}{4 \cdot 75} = \frac{12 \cdot \pi \cdot 5^2 \cdot 7,5 \cdot 25}{4 \cdot 75} = 590.$$

Давление на вал изменяется от величины

$$A_p = 2z \frac{\pi d^2}{4} \sigma_p = 2 \cdot 12 \cdot \frac{\pi \cdot 5^2}{4} \cdot 15 \cong 7\ 070 \text{ кг}$$

во время холостого хода и до  $7\ 070 \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\sigma_p} =$

$$= 7\ 070 \frac{16,9 + 9,4}{2 \cdot 15} = 6\ 200 \text{ кг}$$

при полной на-

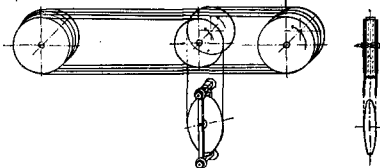
грузке. Если учесть полностью центробежное напряжение при холостом ходе, то давление на вал составит только 4 070 кг.

Для сравнения качеств К. п. с ременной приведены на фиг. 6 расчетные кривые для канатной и ременной передач при расстоянии между осями



Фиг. 7.

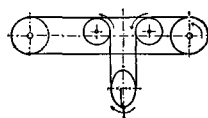
20 м. Предположив, что обе передачи работают с напряжением от предварительной натяжки в  $40 \text{ кг/см}^2$  соответственно точкам А и D, видим, что напряжение снижается на  $30 \text{ кг/см}^2$  при изменении относительного удлинения ремня на величину BC, равную 0,32%, и каната соответственно на величину EF, равную 0,105%.



Фиг. 8.

Следовательно при больших напряжениях канаты являются более чувствительными к изменению длины, чем ремни. При одинаковых полезных напряжениях  $\sigma_n$  канаты по сравнению с ремнями менее эластичны и мягки, как это указано заштрихованными частями площади чертежа для  $\sigma_n = 25 \text{ кг/см}^2$ . Только при низких полезных напряжениях качества каната и ремня становятся близкими друг к другу, что видно по заштрихованным площадям, примыкающим к G и H, соответствующим  $\sigma_n = 8 \text{ кг/см}^2$ .

Для обеспечения продолжительной работы канатов необходимо заботиться, чтобы валы шкивов были монтированы строго параллельно; малые отклонения допустимы только при хорошо выполненных ручьях. При больших углах необходимо пользоваться направляющими шкивами, как это практикуется и при ременных передачах. Для предотвращения износа канатов необходимо следить за тем, чтобы канаты при их работе всегда изгибались в одном и том же направлении. Поэтому опорные шкивы (фиг. 7) оказывают неблагоприятное влияние на срок службы канатов. Расположение оттяжных шкивов, показанное на фиг. 8, в этом отношении более выгодно, чем показанное на фиг. 9.



Фиг. 9.

При определении необходимой предварительной натяжки канатов следует учитывать их состояние. Новые канаты

обычно натягивают сильнее старых и срывают т. о., чтобы при их установке на место относительное удлинение не превысило 3—5%, причем нижний предел применяется для туго скрученных канатов, а верхний предел для слабо скрученных; этим предварительным относительным удлинениям со-

ответствует согласно кривой, изображенной на фиг. 2, напряжение в канате от 17 до  $20 \text{ кг/см}^2$ , причем сила давления на валы в  $2\frac{1}{2}$ —3 раза превышает обычное окружное усилие. Учитывая, что под действием влажности канаты сокращаются по их длине, необходимо давать валам и подшипникам К. п. большие размеры по сравнению с соответствующими ременными передачами.

В работе канаты постепенно вытягиваются и со временем сильнее провисают, причем часть уменьшения напряжения  $\sigma_n$ , происходящего от предварительной натяжки, уравнивается возрастаяем дополнительного напряжения от увеличения веса провисающей части каната, тем большего, чем больше стрела провеса каната. Для достижения хороших качеств канатной передачи необходимо применять шкивы больших диаметров и гибкие эластичные канаты. Следует избегать расстояний между шкивами, меньших 6—8 м и больших 25—30 м, причем большие расстояния требуют установки



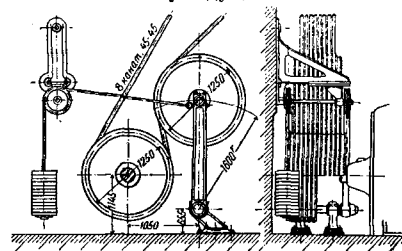
Фиг. 10.

промежуточных шкивов (фиг. 7) или опорных шкивов (фиг. 7), что конечно сильно изнашивает канат. Большие отношения передачи здесь еще менее выгодны, чем при ременной передаче. Обычно передаточное число канатной передачи не выходит за пределы отношения 1 : 2, и только в исключительных случаях, при больших расстояниях между осями, допускается соотношение 1 : 5. Передачу делают обычно прямой; при перекрестной передаче канаты располагают так, обр., чтобы две ведущие части шли рядом, а ведомые части располагают по внешним сторонам ведущих, причем промежуток между ручьями делают относительно большим.

Для определения величины стрелы провеса  $y_i$  (в см) каната при горизонтальной передаче применяют формулу:

$$y_i = \frac{\gamma \cdot l^2}{8000\sigma},$$

где  $l$ —расстояние между осями шкивов в см,  $\sigma$ —соответствующее напряжение в расположенной внизу ведущей части каната в



Фиг. 11.

кг/см<sup>2</sup>. Учитывая неравномерное распределение сил в отдельных канатах, необходимо предусмотреть наличие достаточной свободной высоты, в  $1\frac{1}{2}$  раза большей величины, полученной из приведенной формулы стрелы провеса. Для предварительного рас-

четыре можно принять, что стрела провеса составляет от 5 до 10% расстояния между осями. Необходимо убедиться в том, что ведомая верхняя часть каната не будет задевать нижнюю ведущую часть.

К. п. с натяжным шкивом, действующим на ведомые части каната, изображена на фиг. 11. Восемь квадратных канатов с сечением  $45 \times 45$  мм служат для передачи 250 HP на малый шкив диам. 1 250 мм при 320 об/м., т. е. при скорости каната 20,94 м/сек и при полезном напряжении  $\sigma_n = 5,5$  кг/см<sup>2</sup>. Передаваемая круглым канатом диаметра  $d$  мощность  $N$  определяется из ф-лы (в HP):

$$N = \frac{\pi d^2 v k_n}{75 \cdot 4},$$

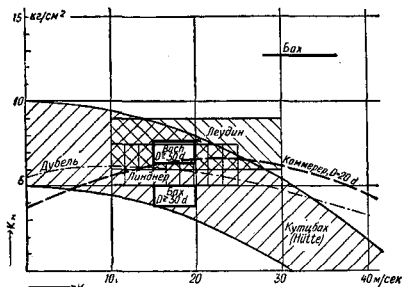
где  $k_n$  — расчетное полезное напряжение каната, или для квадратного каната, сторона  $k$ -рого равна  $s$ , из ф-лы:

$$s^2 = \frac{U}{k_n} = \frac{75N}{v k_n}.$$

Круглые канаты диам. 55, 50 и 45 мм равноценны по передаваемой силе квадратным канатам 50, 45 и 40 мм. Если окружное усилие  $U$  или мощность  $N$  превышает возможную нагрузку одного каната, то число  $z$  канатов определяется по ф-ле:

$$z = \frac{4U}{\pi d^2 k_n} = \frac{4 \cdot 75N}{\pi d^2 v k_n}.$$

Вычисленное т. о. количество канатов увеличивают б. ч. на 1 или на 2 во избежание останков работы передачи в случае разрыва одного из канатов.



Фиг. 12.

Расчетное полезное напряжение  $k_n$  зависит от качества каната, окружной скорости, отношения диам. каната к диам. шкива, угла охвата малого шкива и способа получения полезного напряжения. В настоящее время принимают окружную скорость равной 15—20 м/сек; в какой же мере необходимо уменьшать  $k_n$  при скоростях выше указанных пределов, еще окончательно не установлено. Некоторые указания даны на фиг. 12. Низкие значения для  $k_n$  сравнительно с разрывным усилием канатов можно обосновать стремлением ограничить удлинение канатов в работе и связанное с этим их переслаивание. Передачи, работающие под действием напряжений, вызываемых оттягивающими шкивами, следует предпочесть передачам, работающим с напряжением от предварительной натяжки за счет удлине-

ния, так как первые дают возможность в ведомой части канатов иметь более низкие напряжения и сохранить эти напряжения на определенной высоте, не зависящей от температурных колебаний и от влажности.

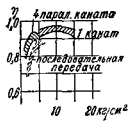
На основании изложенного К. п. с оттяжными шкивами, при прочих равных условиях, м. б. рассчитаны с большим значением  $k_n$ . Для пеньковых и хл.-бум. канатов в зависимости от качества канатов принимают  $k_n = 5 \div 8$  кг/см<sup>2</sup>. При благоприятных условиях, при хороших канатах, больших диаметрах шкивов, при передачах с соотношениями от 1 : 1 до 1 : 2, при горизонтальн. или слегка наклонном положении передачи и равномерной нагрузке можно допустить  $k_n = 10$  кг/см<sup>2</sup>, так что на каждый круглый канат диаметром 50 мм или квадратный канат со стороной 45 мм можно допустить окружное усилие в 100—150 кг, а в лучшем случае—200 кг.

Бах рекомендует следующую зависимость расчетного полезного напряжения от диам. шкива при пеньковых канатах лучшего качества: при  $D \geq 30 d$  и угле охвата  $\alpha = 140^\circ$ ,  $k_n = 3,8 \div 5,1$  кг/см<sup>2</sup>, при  $D \geq 50 d$  и угле охвата  $\alpha \geq 170^\circ$ ,  $k_n = 6,4 \div 7,6$  кг/см<sup>2</sup>. При скоростях 30 м/сек и больше Бах допускает при больших шкивах  $k_n = 12,7$  кг/см<sup>2</sup>. Камерер дает на основании своих опытов с большим количеством канатов диаметром 50 мм на шкивах диаметром 1 000 мм, т. е. для очень невыгодного соотношения  $D = 20 d$ , кривую расчетных полезных напряжений  $k_n$ , изображенную на фиг. 12, где величина  $k_n$  растет для скоростей до 22 м/сек, а затем снова уменьшается. Кудрях исходит из среднего напряжения каната  $k_m$  и выводит зависимость напряжения  $k_n$  от скорости каната  $v$  в следующем виде:

$$k_n = k_m - \left(\frac{v}{14}\right)^2,$$

для  $k_m$  он рекомендует: при  $D \geq 30 d$  и угле охвата  $\alpha \geq 140^\circ$ ,  $k_m = 5$  кг/см<sup>2</sup>, при  $D \geq 50 d$  и угле охвата  $\alpha \geq 180^\circ$ ,  $k_m = 7 \div 10$  кг/см<sup>2</sup>. Эти значения дают указанные на фиг. 12 падающие при увеличении скорости кривые. Для лучших канатов и при больших шкивах можно допустить  $k_m \geq 15$  кг/см<sup>2</sup>.

Первоначальная чрезмерная натяжка не только излишне нагружает валы, но также и ухудшает работу вследствие пониженной упругости канатов и способствует быстрому разрушению их. Камерер рекомендует для передач с предварительным натяжением от относительного удлинения брать начальное напряжение  $\sigma_v = 20$  кг/см<sup>2</sup> и соответственно для передач с оттяжным шкивом  $\sigma_v = 10$  кг/см<sup>2</sup>. Кпд К. п., полученные Камерером опытным путем, показаны на фиг. 13. В то время как кривая кпд для одного каната отличается пологой формой и дает

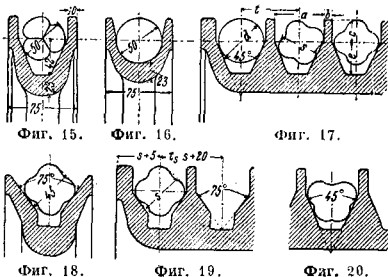


Фиг. 13.

высокий кпд также и при большой нагрузке, кривые для четырех параллельно включенных канатов поднимаются быстро до высокого значения и после этого снова падают. Нагрузка этих канатов была низка и не могла быть увеличена, т. к. при испытании нельзя было увеличить мощность моторов.

Этим обстоятельством следует повидимому объяснить своеобразное направление кривых, к-рое не было подтверждено при опытах Бонта. Последовательная К. п. с тремя передающими канатами давала согласно фиг. 13 относительно более низкий кпд. Согласно фиг. 14, кпд при одном и при нескольких канатах приближаются друг к другу для сильно нагруженных канатов.

Конструктивное выполнение канатных шкивов и К. п. Обычные формы желобков указаны на фиг. 15—20.



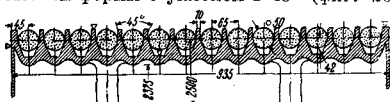
Для увеличения сцепления каната с ведущим и ведомым шкивами стенки ручьев для круглых канатов выполняются с уклоном в 45°. Более острые углы считаются нецелесообразными, потому что канаты сильнее изнашиваются и напряжение их будет различно, если один из них войдет в ручей глубже другого. При разных диаметрах шкивов отрицательные явления более глубокого вклинивания канатов в ручьи будут более заметны на шкивах меньшего диаметра. При неодинаковом расположении канатов один из канатов должен скользить и поэтому сильнее изнашивается; одновременно падает кпд всей К. п. Нормальные размеры ручьев по DIN 121 см. табл. 1.

Табл. 1.—Размеры ручьев шкивов для канатных передач (фиг. 17).

Диам. круглого каната d в мм	Толщина каната квадратного сечения s в мм	Шаг t в мм	Размеры ручья в мм			Толщина ребер b в мм
			a	c	e	
25	23	36	28	12,5	21	8
30	27	41	33	15,0	25	8
35	32	47	39	17,5	30	8
40	36	54	44	20,0	34	10
45	40	60	50	22,5	38	10
50	45	65	55	25,0	42	10
55	50	73	61	27,5	46	12

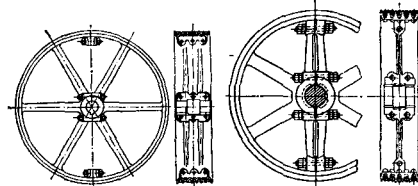
При пользовании клиновидными ручьями с уклоном в 45° для квадратных канатов последние располагают так, чтобы они прилегали к одной из стенок, как указано на фиг. 17, потому что в этом случае п. т. каната устанавливается в ручье более глубоко по сравнению с симметричным расположением канатов. Форма ручьев по фиг. 18 и 19 с наклонной поверхностей в 75° рекомен-

дуется при последовательной системе К. п. Квадратные канаты ложатся симметрично, благодаря чему отсутствует скольжение по реборде. Для канатов трапециoidalного сечения можно применить шкивы с ручьями обычной формы с уклоном в 45° (фиг. 20).



Фиг. 21.

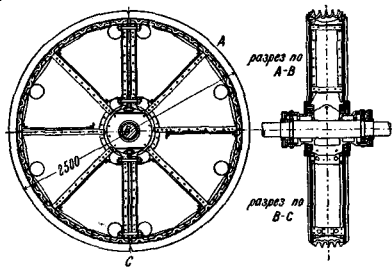
Поддерживающие и направляющие шкивы для круглых канатов изготавливаются с круглыми желобками (фиг. 16); такая форма дает большую поверхность прилегания. На фиг. 21 представлен обод шкива с 14 желобками, внутренняя поверхность к-рого для облегчения веса имеет волнистую форму. Для получения простой чугунной отливки часто применяется цилиндрич. форма по фиг. 17. Для изготовления гладких и одинаковых по форме ручьев обода чаще всего подвергают предварительной отборке с фрезерованием. Часто шкивы делают со стыком между спицами, что допустимо только при малых скоростях, при больших же скоростях следует этого избегать. Шкивы шириной, большей чем 400—500 мм, снабжают двумя рядами спиц; шкивы с очень большим количеством желобков отливают в виде



Фиг. 22.

Фиг. 23.

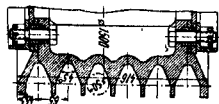
двух самостоятельных шкивов, соединяемых друг с другом болтами. Семиклестковый свертный шкив изображен на фиг. 22. Шкив завода Вюльфель, изображенный на фиг. 23, выполнен с поверхностью стыка по



Фиг. 24.

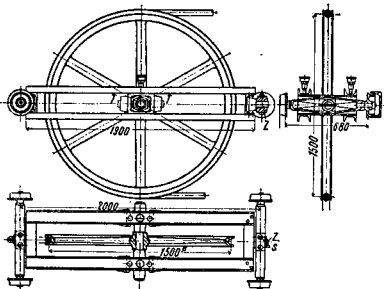
средней плоскости двух диаметрально противоположных спиц усиленного эллиптического сечения и с узкой поверхностью стыка. Шкив, к-рым пользовался Камерер при скоростях 40 м/сек, представлен на фиг. 24.

Состоящая из двух половин втулки из литой стали соединяется с половинками обода при помощи железных дисков; свертыги обод соединен при помощи 8 болтов и стальных колец. Фиг. 25 показывает соединение обода с железными дисками при помощи болтов, которые разгружены от действия срезающих сил благодаря стальным плотно пригнанным втулкам.



Фиг. 25.

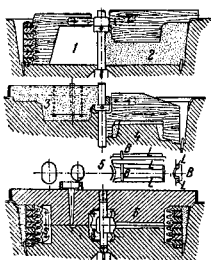
Оттяжной аппарат представлен на фиг. 26. Сам шкив находится в четырехугольной раме из фасонного железа, к-рая вращается на двух цапфах, расположенных в плоскости шкива; при монтаже шкив может быть установлен под нужным углом и закреплен в любом положении болтами. Поперечные балочки, несущие опоры для



Фиг. 26.

цапф Z, имеют 4 колеса, к-рые перемещаются в двух направляющих из корытного железа или же по рельсам. Для точной установки оси шкива служат установочные винты, фиксирующие положение подшипников.

Формовка канатного шкива при помощи шаблона в закрытой песочной форме изображена на фиг. 27. В выровненной яме изготавливается при помощи шаблона I форма, соответствующая наружному очертанию обода; приготовленная форма для ручьев вынимается для сушки. После этого в яме изготовляют форму 2 для верхней опки соответственно очертанию верхн. половины втулки и внутреннему очертанию обода, к-рым придают легкую конусность для удобного снятия верхней опки. На стыке формы в средней плоскости колеса наносят оси спиц. После этого начинают набивать верхнюю опку 3 и одновременно вкладывают вспомогательные модели приливов для соединительных болтов. После поднятия верхней опки выполняют по окружности при помощи вспомогательного шаблона вол-



Фиг. 27.

нообразную поверхность, соответствующую внутренней поверхности обода, и изготовляют форму для спиц по намеченным осевым линиям. После этих операций изготовляют нижнюю часть формы 4. Эскиз 5 дает представление об изготовлении формы для спиц. По двум линейкам L, расположенным друг к другу под малым углом соответственно форме спиц, дорожка шаблоном B, сечение к-рого соответствует наименьшему эллиптич. сечению спицы. Эскиз 6 изображает готовую для литья форму, справа—вдоль спицы, а слева—вдоль стыка, куда закладывают пластинки S для разъединения шкива на 2 половины после его изготовления.

**Проволочноканатные передачи.** Проволочноканатные передачи применяют для очень значительных расстояний; при современном развитии электротехники проволочноканатные передачи утратили свое прежнее большое значение и в настоящее время применяются очень редко. Конструктивное описание и производство проволочных канатов см. *Канатное производство.*

Соотношения между силами и напряжениями в проволочноканатных передачах. Малое значение коэф-та удлинения проволочных канатов приводит к малой эластичности передачи, причем из-за температурных деформаций не допускаются малые расстояния между осями. В практике расстояния между шкивами редко выполняют меньше 25 м. Т. к. канаты прилегают только к основаниям желобков, то окружное усилие передается только силой трения. Из-за недостатка точных опытов о влиянии различных производственных условий на работу передачи принято считать коэф. трения  $\mu = 0,25$  и следовательно отношение напряжений в ведущей и ведомой частях каната при обычном охвате шкивов на  $180^\circ$  будет:

$$\frac{S'_1}{S'_2} = \frac{\sigma'_1}{\sigma'_2} = e^{\mu\alpha} = e^{0,25\pi} = 2,2.$$

Устройство проволочноканатных передач. При расстояниях от 100 до 120 м можно осуществить передачу одним канатом. При больших расстояниях следует включить промежуточные установки с двухжелобчатыми шкивами (фиг. 10); поддерживающих шкивов (фиг. 7) следует однако избегать в виду сильного изнашивания канатов от перегибов. Шкивы обычно берутся одинакового диаметра, т. е. передача берется 1:1, т. к. в противном случае большие шкивы получаются слишком больших размеров и чрезмерно тяжелыми. Следующим условием для правильной работы проволочных канатов является равномерность нагрузки; неравномерная работа дает неспокойный ход или вызывает сильные колебания, могущие вызвать спадание каната со шкива. При малых мощностях выбирают скорость каната от 6 до 10 м/сек, при больших—до 25 м/сек. Возможная мощность N (в HP), исходя из положения, что в данном случае можно пользоваться только одним канатом, будет:

$$N = \frac{Uv}{75} = \frac{500 \cdot 25}{75} \approx 165$$

(величина окруж. усилия U взята из табл. 2).

Табл. 2. — Зависимость окружного усилия  $U$  от диаметра каната  $d$ .

Диаметр каната $d$ в мм . . . .	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	37
Окружное усилие $U$ в кг . . . .	50	60	70	85	100	120	140	160	180	210	240	270	300	330	360	400	445	500

Число об/м. принимается равным от 100 до 120. Непременным условием для спокойного хода является точная установка шкивов в одной плоскости и горизонтальное положение осей. Перекрестная передача или перемена направления недопустимы. Шкивы д. б. точно сбалансированы. Большие провеса при больших расстояниях между осями, составляющие от 3 до 6% от пролета, требуют соответственной установки шкивов над поверхностью земли. Ведущую часть каната надо располагать внизу. Во избежание несчастных случаев людные места д. б. защищены ограждениями (напр. сетками), к-рые улавливают канат при его разрыве или падении. Для предотвращения ржавления канаты покрывают лаком, а во время работы ежесмесячно — салом. Продолжительность службы проволочноканатной передачи при хорошем уходе можно считать от 2 до 3 лет.

Расчет проволочноканатных передач. Для указанной цели исходят из окружного усилия  $U = \frac{76N}{v}$ , учитывают все изложенное о скорости и числе об/м. шкивов, выбирают из каталога подходящий канат, учитывая также начальное натяжение, необходимое для укладки каната с минимальным провесом. Такой до сих пор практикуемый способ расчета при малых расстояниях между осями дает легкие передачи, которые должны однако иметь малый провес. Но эти передачи очень чувствительны к удлинениям каната от влияния  $t^o$  и при работе. Правильнее рассчитать вес каната т. о., чтобы необходимое трение для передачи окружного усилия  $U$  получалось при умеренном провесе. По данным фирмы Фельтен и Гильом, в Германии принимают провес равным 2% от расстояния между осями, диаметр шкивов  $D$  равен  $175d$ , число об/м. не свыше 120—130. Коэф. трения  $\mu$  фирмы рекомендуют принимать равным 0,16. Новые канаты обычно кладут с провесом в 1,5%, учитывая то обстоятельство, что канаты сильнее вытягиваются в начале работы. Сила  $S_1$ , действующая в ведущей части каната, определяется из ф-лы:

$$S_1 = U \frac{e^{\mu\omega}}{e^{\mu\omega} - 1}$$

При охвате же канатом  $\frac{\omega}{10}$  половины окружности шкива, т. е. при  $\omega = 0,3\pi$ ,

$$S_1 = 2,75U.$$

Но  $S_1$  м. б. определено также из ур-ня:

$$S_1 = \frac{g_0 a^2}{9y_a},$$

что при величине стрелы провеса  $y_a = 0,02a$  ( $a$  — расстояние между осями шкивов в м) и при весе 1 н. м каната  $g_0 = 0,30d^2$  дает:

$$S_1 = \frac{g_0 a^2}{9y_a} = 6,25g_0 a = 1,875d^2 a.$$

При сравнении обоих выражений получим:

$$U = 0,682d^2 a,$$

или необходимый для передачи окружного усилия  $U$  диаметр каната  $d$ :

$$d \approx 1,2 \sqrt{\frac{U}{a}}.$$

Если мощность  $N$  выражена в HP, то при  $D$ , выраженном в см, и  $n$  об/м. получим:

$$U = \frac{76N}{v} = \frac{75 \cdot 60 \cdot 100 \cdot N}{\pi D n} = \frac{75 \cdot 60 \cdot 100 \cdot N}{\pi \cdot 175 D n} = 818 \frac{N}{D n}.$$

а отсюда выражение для  $d$  в см:

$$d = 10,5 \sqrt{\frac{N}{va}}, \text{ или } d = 10,6 \sqrt{\frac{N}{an}}.$$

Из расчета видно, что при малых  $a$  получают относительно более толстые канаты и следовательно большего диаметра шкивы. При больших  $a$  требуются сравнительно тонкие канаты.

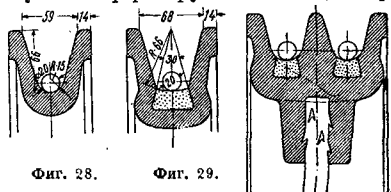
При расчете деформации и напряжений от изгиба не следует брать полностью величину коэф-та упругости, принятую для стали, т. к. скрученные по винтовой линии проволоки сообщают канату значительную гибкость. По предложению Баха, это обстоятельство можно учесть поправочным коэф-циентом  $\beta$ , так что

$$\sigma_b = \beta \frac{1}{a} \cdot \frac{\delta}{D},$$

где  $\delta$  — диаметр проволоки в мм, а  $\beta$  зависит от материала и типа каната; для трансмиссионных канатов Бах нашел в среднем  $\beta = \frac{2}{3}$ . Очень часто обозначают  $\frac{\beta}{a} = a'$ ; эта величина колеблется между  $\frac{1}{700}$  об/с и  $\frac{1}{800}$  об/с см<sup>2</sup>/кг и называется коэф-том удлинения проволочного каната.

Большое временное сопротивление разрыву и относительно небольшие изменения в длине проволочных канатов во время работы допускают высокое напряжение, чем и объясняются высокие кпд  $\eta$  для проволочных К. п. при больших расстояниях между осями. Кпд  $\eta$  достигает 96—97% при тщательной установке передачи; при наличии промежуточных шкивов величину  $\eta$  следует уменьшать на 1,5%.

Конструкция и шкивов. На фиг. 28—30 указаны формы ручьев шкивов для про-



Фиг. 28.

Фиг. 29.

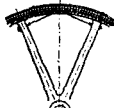
Фиг. 30.

волочных канатов. При непосредственном прилегании каната к ручьям последние выполняются такой формы, чтобы канат прикасался к поверхностям ручья по  $\frac{1}{2}$  своей окружности. Для увеличения трения и

защиты каната от быстрого износа лучше заполнять ручки в углублениях кожей, как это показано на фиг. 29, бумажной массой или деревом, пропитанным льняным маслом; для этой цели основание ручки выполняется по сечению в виде ласточкин хвоста. Другой способ —зда Гекеель в Саарбрюкене указывает на фиг. 31 и 32, где отдельные кожаные



Фиг. 31.



Фиг. 32.

шайбы, наизготовленные на проволоку, уложены в открытом колоде, а концы проволоки притянуты к двум спицам. Двухжелезобачный шкив на фиг. 30 употребляется для промежуточной установки. При работе на таких шкивах нет надобности так сильно натягивать канаты, как на обычных, чугунных. Шкивы малых диаметров обыкновенно изготовляются целиком из чугуна; шкивы большого диаметра изготовляются с чугунным ободом и втулкой и со спицами из круглого или плоского железа.

Лит.: Rötcher F., Die Maschinenelmente, В. 2, В., 1929; Вобарыко И., Детали машин. Часть специальная, Москва—Ленинград, 1927; Сидоров А., Курс деталей машин, ч. 2, Москва—Ленинград, 1926.

Б. Шпринг.

**КАНАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Н. п. стальных канатов.** Стальные проволочные канаты являются распроставленной и ответственной деталью всевозможных грузоподъемных сооружений, особенно в горной и нефтяной промышленности, а также служат для нужд парохозяйства и ж. д. В конструкции канатов различают три вида свивки: спиральная (фиг. 1), тросовая и кабельная (фиг. 2).

Канаты спиральной свивки применяются гл. обр. как направляющие в шахтных подъемниках и в воздушных проволочноканатных дорогах. Для подъемных целей канаты эти имеют ограниченное применение в тех случаях практики, когда



Фиг. 1.



Фиг. 2.

свободно висящий груз поднимается без направляющих. Канаты спиральной свивки обладают свойством не раскручиваться. Канаты, свитые в направлении против движения часовой стрелки [4], согласно таблице DIN 655 называются—по признаку подъема спиральной лопи—правыми.

Тросовая свивка является наиболее распроставленной для шахтных и подъемных канатов. При этом пряди изготовляются спиральной свивки, а из отдельных прядей свивается канат. Различают два вида тросовой свивки: к р е й ц л а г (Kreuzschlag)—свивка, при к-рой проволоки в пряди и отдельные пряди в канате свиваются в противоположные стороны (фиг. 3), и а л ь б е р т ш л а г (Albert-Gleichschlag, Längs-Patent)—проволоки и пряди свиваются в одном направлении (фиг. 4). Альбертшлаг

имеет следующие преимущества перед крещшлагом: проволоки, благодаря их наклонному положению относительно оси каната, испытывают меньшее напряжение при изгибании каната; поэтому, при одинаковой степени гибкости каната, при альбертшлаг



Фиг. 3.

можно делать канат из проволок большего диаметра, чем при крещшлаге; канаты свивки альбертшлаг, при одинаковой с канатами крещшлага толщине проволок, более гибки, чем последние [2]; при свивке альбертшлаг проволоки располагаются по поверхности каната значительно более плотно и потому лучше сопротивляются внешнему истиранию, имеющему место в рудниках, где канат подвержен трению о землю, или в воздушных канатных дорогах. Для подъемных канатов альбертшлаг применяется обыкновенно на практике при числе проволок не выше 114. Недостатки свивки альбертшлаг



Фиг. 4.

по сравнению с крещшлагом следующие.

1) При крещшлаге проволоки в наружном слое идут приблизительно параллельно оси каната; при альбертшлаге проволоки относительно оси каната отклоняются влвое сильнее, а потому он имеет свойство раскручиваться в значительно большей степени, чем при крещшлаге, и не может применяться для подъема груза без особых направляющих. 2) При альбертшлаге проволоки поверхностного слоя оказываются подверженными растяжению в значительно большей степени, чем при крещшлаге. При крещшлаге, по DIN 655, нормальная считается правая крутка прядей.

Кабельная свивка получается путем свивки каната из отдельных прядей тросовой свивки. Канаты кабельной свивки обладают повышенной гибкостью, но плохо сопротивляются боковому давлению. Они имеют довольно узкое применение в промышленности и употребляются там, где не требуется постоянной работы каната (например при монтажных работах) и где весьма ограничены возможности в выборе диаметра барабана. Канаты кабельной конструкции наматывают на барабан в один слой; в случаях крайней необходимости, при наматке в несколько слоев следует обязательно отделять их между собой прокладыванием досок.

Конструкция канатов условно обозначается следующим образом. При спиральной свивке, когда несколько слоев проволок накладываются друг на друга, между отдельными членами проволок ставят знак сложения (+). При тросовой свивке число прядей отделяют от числа проволок в ка-



ждой пряди знаком умножения ( $\times$ ). Металлический сердечник обозначается знаком 1, а пеньковый сердечник—знаком 0. Напр. символ  $6 \times (1+6+12+18)$  обозначает канат тросовой свивки, состоящий из 6 прядей; каждая прядь спиральной свивки состоит из 3 концентрич. рядов проволоки в 6, 12 и 18 проволок, обвитых вокруг металлич. сердечника. Для повышения гибкости каната сердцевина обычно делается пеньковая как в самом канате, так и в отдельных прядях. Канаты с пеньковой сердцевиной имеют тот недостаток, что плохо сопротивляются боковому давлению, и потому их следует избегать там, где канат подвергается боковому давлению, напр. при многократном наматывании на барабан подъемного устройства.

Назначение каната в значительной степени влияет на выбор не только конструкции, но и диам. проволоки, из к-рой свивается канат. Диаметр проволоки подбирают, исходя из двух противоположных соображений: 1) канаты, подверженные внешнему истиранию (например вследствие трения о землю), следует изготавливать из возможно более толстой проволоки; 2) с увеличением  $\varnothing$  проволоки растет и напряжение на изгиб; в этих случаях приходится увеличивать  $\varnothing$  шкива и следовательно удорожать всю установку. Для подбора диам. проволоки существуют выработанные практикой соотношения между диам. проволоки и диам. наименьшего барабана или шкива в грузоподъемном устройстве. А. Дейксель [3] рекомендует следующие соотношения для диаметров проволоки  $d$  и барабана  $D_1$ : для шахтных подъемников—от 1 : 500 до 1 : 1000, для бремсбергов—от 1 : 300 до 1 : 500, для направляющих роликов—не более 1 : 300, для канатов кабельной свивки—не более 1 : 400. По таблице DIN 655, среднее соотношение равно 1:500. В тех случаях, где канат подвергается сильному внешнему износу (напр. при наматывании в несколько слоев на канатный барабан), в экономич. отношении бывает выгодно повысить отношение с 1 : 1000 до 1 : 500, но для подъема людей такое отношение обычно запрещается. При уменьшении  $\varnothing$  барабана за счет увеличения отношения  $\frac{d}{D_1}$  снижаются единовременные затраты на подъемную лебедку, а следовательно и на все сооружение, но при этом значительно увеличивается износ каната, а с ним и эксплуатационные расходы.

Задавшись  $\varnothing$  проволоки  $d$  и зная полную нагрузку каната в кг. можно легко определить количество проволок по следующей формуле А. Дейкселя [3]:

$$A = \frac{Q}{\left(\frac{1}{S} - 0,003 L\right)^2},$$

где  $A$ —искомое количество проволок,  $Q$ —полная нагрузка каната в кг.  $t$ —сопротивление на разрыв в кг проволоки  $\varnothing$  1 мм,  $S$ —коэф. безопасности, при котором канат должен работать,  $L$ —длина каната в м,  $d$ — $\varnothing$  проволоки в мм.

Зная количество проволок и  $\varnothing$  их, можно приступить к подсчету конструкции. В зависимости от назначения каната подбирается род свивки. Для определения по  $\varnothing$

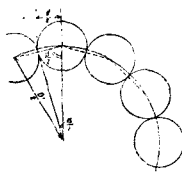
проволок и их числу  $\varnothing$  пряди, а по числу прядей— $\varnothing$  каната (фиг. 5) применяют ф-лу:

$$D = D' + d = \left( \frac{1}{\sin^2 \frac{\alpha}{2n}} + 1 \right) d.$$

где  $D$ — $\varnothing$  пряди (или каната) по наружному размеру,  $d$ — $\varnothing$  проволоки (или пряди),  $n$ —число проволок в пряди (или число прядей). Из геометр. построения (фиг. 5) можно определить теоретич.  $\varnothing$  круга  $\delta$ , соответствующего по площади месту, занимаемому пеньковой сердцевиной, по ф-ле:

$$\delta = d \sqrt{n \left( \frac{\text{ctg}^2 \frac{\alpha}{2} - \beta}{\pi} - \frac{\beta}{360} \right)}.$$

Диаметр пеньковой сердцевины на практике берется на 25—30% больше теоретического, чтобы сделать сердцевину более плотной и лучше сопротивляющейся боковому давлению. Вес пеньковой сердцевины составляет от 4 до 12% веса каната [4]. Шаг свивки каната и прядей колеблется в узких пределах. По данным инженера Крюен [2], угол свивки проволок в пряди колеблется в пределах от  $9^{\circ}33'$  до  $12^{\circ}47'$ , по Альбертеру [4]—от  $14^{\circ}40'$  до  $17^{\circ}30'$ . Угол свивки прядей в канате зависит от вида свивки; например для крейпшлага при 6 прядях он равен  $16^{\circ}40'$ ; при 7 прядях— $17^{\circ}23'$ ; при 8 прядях— $17^{\circ}59'$ ; для альбертшлага при 6 прядях— $16^{\circ}40'$ ; при 7 прядях— $15^{\circ}19'$ ; при 8 прядях— $15^{\circ}51'$ .



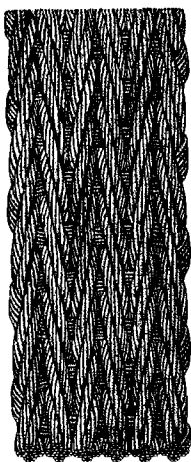
Фиг. 5.

В табл. 1 приведены значения  $D$  ( $\varnothing$  пряди или каната),  $\delta$  ( $\varnothing$  сердцевины или пряди) и  $S$  (шага свивки), принимаемая  $d$  ( $\varnothing$  проволоки или пряди) равным 1.

Табл. 1.—Характеристики конструкции прядей и канатов спиральной свивки.

Символ конструкции	$D:d$	$\delta$	$S:d$
3	2,15	—	17,2
4	2,41	—	21,2
5	2,70	—	25,5
1+6	3,00	—	30,0
0+7	3,31	1,47d+30%	34,5
8	3,61	—	39,2
0+9	3,92	2,09d+30%	43,9
0+10	4,24	2,41d+30%	49,6
0+11	4,59	2,75d+30%	53,8
0+12	4,96	3,19d+25%	57,9
0+13	5,18	3,36d+25%	62,8
0+14	5,5	3,68d+25%	67,5
0+15	5,81	3,99d+25%	72,1
0+16	6,13	4,31d+25%	77,0
0+17	6,41	4,63d+25%	81,6
0+18	6,76	4,94d+25%	86,4
3+9	4,15	—	47,3
4+10	4,41	—	51,2
5+11	4,70	—	55,5
1+6+12	5,00	—	60,0
0+7+13	5,31	1,47d+30%	64,7
0+8+14	5,61	1,77d+30%	69,2
0+9+15	5,92	2,09d+30%	73,9
3+9+15	6,15	—	78,6
0+10+16	6,24	2,41d+30%	81,1
4+11+17	6,41	—	83,9
0+11+17	6,59	2,75d+30%	88,5
5+11+17	6,70	—	85,5
0+12+18	6,86	3,04d+25%	87,9
1+6+12+18	7,60	—	10,0

Для подсчета длины проволоки Шварц [4] дает следующие коэффициенты, на которые нужно умножить длину готового каната:



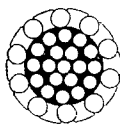
Фиг. 6.

для прядей спиральной свивки—1,04, для канатов тросовой свивки—1,09, для канатов кабельной свивки—1,14 ÷ 1,18. Для приближенных подсчетов веса канатов, по Стефану [5], сумма сечений всех проволок принимается равной: 1) для открытой конструкции тросовой свивки— $0,50 D^2$ ; 2) для открытой конструкции спиральной свивки  $0,59 D^2$ ; 3) для закрытой конструкции спиральной свивки— $0,68 D^2$ .

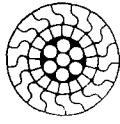
Кроме обычных конструкций канатов применяются еще специальные конструкции. К канатам специальных конструкций принадлежат: а) плоские канаты

(фиг. 6), б) канаты закрытой конструкции (фиг. 7 и 8), в) канаты с трехгранными прядями (фиг. 9).

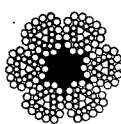
Плоские канаты иногда применяются для шахтных подъемников (гл. обр. для системы Коерé) и для трансмиссионных передач. Плоские канаты имеют следующие преимущества: 1) при одинаковой прочности они тоньше круглых и следовательно



Фиг. 7.



Фиг. 8.



Фиг. 9.

более гибки; 2) они лучше сопротивляются боковому давлению и меньше истираются по поверхности; 3) дают более спокойный ход. При эксплуатации плоских канатов нужно принять следующие меры для их спокойной работы: 1) шкивы, через которые направляются плоские канаты, должны быть строго цилиндрическими и не иметь выпуклости, как при ременных передачах; 2) шкивы д. б. шире каната и должны вовсе не иметь острых краев; 3) ось шкива и образующая его поверхности д. б. строго параллельны. В виду неравномерного натяжения и износа отдельных круглых канатов, составляющих плоский канат, выносливость плоского каната ниже обыкновенных круглых канатов. Плоские канаты получаются из круглых путем прошивания их внутри; рядом прошиваются право- и левосвитые канаты.

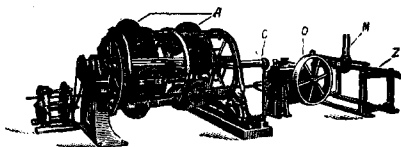
Канаты закрытой и полужакрытой конструкции применяются гл. обр. как несущие при канатных дорожках. Пре-

имуществом закрытой конструкции канатов являются: гладкая поверхность, защита от проникновения влаги внутрь каната, хорошее сопротивление внешнему истиранию. Производственные затруднения сводятся: 1) к затруднительности получения профилированной, строго калиброванной проволоки в большом количестве; 2) к устройству специальных направляющих втулок, ориентирующих проволоку при выходе из трубки на ролик перед тем местом, где происходит самая свивка. Производство канатов закрытой конструкции составляет патент разных фирм (Felten und Guilleaume, A. Deichsel и др.). Канаты с трехгранными прядями, по сравнению с круглыми канатами, дают более плотную поверхность свивки. Они применяются для колошниковых подъемников, горных подъемников и других целей. Трехгранные пряди получают путем навивки проволоки вокруг трехгранного сердечника, к-рый в свою очередь состоит из трех- или четырехгранных проволок.

Проволочные канаты обычно готовятся из стальной проволоки с содержанием С от 0,40 до 0,80% и с временным сопротивлением на разрыв от 120 до 180 кг/мм<sup>2</sup>. Иногда для специальных целей готовятся канаты с повышенным времен. сопротивлением свыше 20 кг/мм<sup>2</sup>. Помимо высокого временного сопротивления на разрыв стальная канатная проволока должна иметь повышенный предел упругости (до 75% от разрывающего усилия), обладать высокой вязкостью, выдерживать повышенное число изгибов и скручиваний при технологическ. пробе. Эти высокие механич. качества канатной проволоки достигаются химическ. чистотой стали (примеси S и P вредны) и термич. обработкой проволоки (патентированием). Специальная сталь пока не находит применения для изготовления канатов; произведенные в этом направлении опыты [7, 8] показали, что стальная проволока с небольшими специальными присадками в результате многократного волочения не дает лучших механич. качеств по сравнению с обыкновенной углеродистой сталью. Если же в стали содержатся значительные присадки других металлов, то такая проволока плохо поддается многократному волочению и следовательно из нее нельзя получить канатную проволоку малых диаметров. Углеродистая сталь при патентировании получает сорбитовую структуру; последняя способствует процессу холодного волочения, который значительно повышает механич. качества канатной проволоки [10, 11]. Из мартеновских процессов, кислого и основного, предпочитается кислое мартенование, как дающее более подходящий металл для производства канатной проволоки. При испытаниях канатная проволока из электростали не дала существенных преимуществ по механич. качествам над мартеновской (кислой) проволокой. Некоторые канаты для предохранения от ржавления изготавливают из оцинкованной проволоки; однако цинкование значительно изменяет механич. качества проволоки [12]; временное сопротивление на разрыв уменьшается на 8—10%, число возможных изгибов—на 8—22%, число скручиваний—на 29—74%.

Первой производственной операцией при производстве канатов является намотка на шпули отдельных отрезков проволоки определенной длины или веса, заданных заранее по конструкции каната. Намоточные станки новой конструкции снабжаются специальными счетчиками длины. Для получения нужной длины заготовки отдельные куски проволоки спаивают. Для этой цели применяется крепкий припой—латунь с бурой в качестве флюса. В качестве источника тепла необходимо при пайке пользоваться передвижным автогенным аппаратом или специальными паяльными «пистолетами», где сгорает светильный газ в сжатом воздухе. В последнее время получили распространение очень удобные и портативные электрические паяльники. Спайка проволоки, даже произведенная правильно и крепким припоём, понижает в месте спая механич. качества проволоки, т. к. производит отжиг металла в месте пайки.

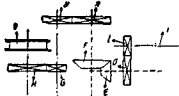
Намотанные шпули переносятся на свивочные машины (Litzenmaschinen) или канатные машины (Seilschlagmaschinen). По принципу действия машины эти не отличаются между собой. На первых обычно свивается заготовка (пряжи), а на вторых из прядей свиваются канаты. Принцип действия канатной машины заключается в том, что проволока сматывается со шпуль, вращающихся вокруг оси, и одновременно имеет продольную подачу. Благодаря одновременно вращательному и поступательному движениям проволоки образуется спираль, которая и требуется при свивке каната из отдельных проволок. Вращательное и поступательное движения сопряжены между собой системой сменных шестерен, посредством к-рой можно установить шаг свивки соответственно избранной конструкции.



Фиг. 10.

На фиг. 10 изображена канатная машина старой конструкции, с расположением шпуль по окружности. По числу проволок пряжи берется количество шпуль *A*, закладываемых в специальные гнезда в машине. Все проволоки через направляющие глазки сходятся в центральной трубке *C*, пройдя через к-рую они наматываются на ролик *O*; обойма машины, в которой укрепляются шпули *A*, имеет вращательное движение или непосредственно от шкива с контрпривода или через зубчатую передачу. Одновременно с вращательным движением обоймы машины со шпулями происходит поступательное движение каната благодаря вращению ролика *O*. Оба движения, вращательное и поступательное, сопряжены между собой зубчатой передачей (фиг. 11), в результате чего и образуется винтовая линия свивки проволок в канате. Вращение оси 1 обоймы со шпу-

лями при помощи постоянной зубчатой передачи *I-D-E-F-G-H*, а также сменной передачи *A-B* передается ролику *O*, через который идет канат. Изменение шага свивки осуществляется переменной зубчатой колес *A* и *B*. В табл. 2 даны величины шага свивки *S* в мм при изменении передачи *A-B* для небольшой свивочной машины при  $n=200$  оборотов в минуту, на 6 шпуль, для свивки прядей к канатам  $\varnothing$  до 25 мм. На одной машине можно получить 19 разных значений для шага от 10,9 до 230 мм.



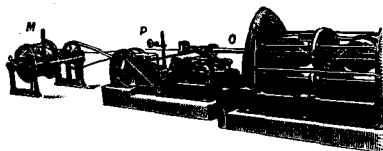
Фиг. 11.

Табл. 2.—Изменение шага в зависимости от числа зубцов колес *A* и *B*.

Число зубцов			Число зубцов		
зубчат. колеса <i>A</i>	зубчат. колеса <i>B</i>	Шаг <i>S</i> в мм	зубчат. колеса <i>A</i>	зубчат. колеса <i>B</i>	Шаг <i>S</i> в мм
20	92	10,9	60	52	57,7
24	88	13,6	64	48	66,5
28	84	16,6	68	44	77,4
32	80	20,0	72	40	90,0
36	76	23,7	76	36	105,3
40	72	27,6	80	32	125,0
44	68	32,4	84	28	150,0
48	64	37,5	88	24	183,0
52	60	43,3	92	20	230,0
56	56	50,0			

Канат через ролик *O* (фиг. 10) направляется на барабан, закрепленный на валу станка *Z*, причём канат для плотной навивки направляется поводом *M*.

На фиг. 12 изображена новая быстрходная свивочная машина с расположением шпуль по оси машины. Преимуществом этой конструкции является значительно меньшая центробежная сила, достигаемая благодаря меньшему  $\varnothing$  окружности расположения шпуль, вследствие чего имеется возможность значительно увеличить число оборотов машины, а вместе с этим и ее производительность. Проволоки здесь помещаются также на шпулях *A*. Проволоки проходят через трубку *O* и наматываются, пройдя через ролик *C* на барабан *Z*, поводом *M*. Для облегчения учета производительности на машине имеется счетчик *P*, показывающий длину навитого каната или пряди. Схема передачи движения от вращательного к поступательному аналогична схеме передачи в машине старой конструкции.



Фиг. 12.

Свивочные машины обычно выполняются на 6, 12, 18, 24 и 36 шпуль. Канатные машины бывают 6- и 8-шпульные. Свивочные машины по весу проволоки на отдельной шпуле делятся на след. три типа: легкий

тип—от 7 до 12 кг, средний—20—40 кг, тяжелый—40—60 кг. Для тяжелых канатных машин вместимость отдельных шпудл достигает 3 000 кг. Вместимость шпудлы в кг оказывает большое влияние на допустимое число оборотов машины в виду развивающейся большой центробежной силы. Самые крупные машины до последнего времени строились вертикальными, так как при такой конструкции, когда все шпудлы расположены на одном уровне (обычно заводского пола), их легче обслужить ручным транспортом, подвоза тяжелые шпудлы на тележках. При современном механизированном транспорте отпадают эти преимущества, и теперь строят канатные машины горизонтальные, как более удобные с конструктивной стороны. Новейшие конструкции свивочных машин предусматривают расположение шпудлы не по окружности, а последовательно вдоль оси машины. При этом соответственно уменьшается влияние центробежной силы, и имеется возможность значительно повысить число оборотов, а с этим и производительность машины. При тонкой проволоке свивочная машина делает 1 200 об/м.

При свивке канатов следует обращать особое внимание на равномерную и достаточную натяжку проволоки при намотке, чтобы получить плотную свивку каната. Готовый канат для отправки наматывается на деревянный барабан; на разматывание его на месте потребления д. б. обращено особое внимание, т. к. при неправильном разматывании образуются загибы, которые ведут к быстрой порче каната и поломке отдельных проволок. Канат для предохранения от ржавления в пути или в месте хранения д. б. тщательно промаслен. Хранить запасные канаты необходимо в сухом, отапливаемом и вентилируемом помещении, так как в противном случае значительно сокращается срок их службы. Канаты нормально изготовляются из проволоки  $\varnothing$  0,8—3,2 мм.

По закону, канаты, находящиеся в эксплуатации, должны быть не реже одного раза в неделю тщательно освидетельствованы по наружному виду. Через каждые 6 месяцев канат д. б. тщательно промерен по  $\varnothing$  через каждые 4—6 м, причем в случае утонения канат д. б. признан негодным и заменен новым. Канат д. б. также заменен новым, если на расстоянии 1 м в любой части каната окажутся порванными 10% полного числа проволок. В случае обнаружения порванных проволок об этом д. б. произведена запись в журнал, куда должны заноситься результаты еженедельных, ежемесячных и полугодовых осмотров. В случаях чрезмерного напряжения каната (внезапное зацепление во время движения, внезапная остановка машины тормозом и т. п.) спуск и подъем людей д. б. приостановлены для немедленного осмотра каната, причем, если окажется, что канат подвергся повреждению (порванные проволоки) или получил заметное остаточное удлинение, он д. б. признан негодным для спуска людей и заменен новым. Канаты, служащие для подъема людей или применяемые при углублении шахт, перед навеской д. б. испытаны на разрыв и гибкость. Сопротивление каната на разрыв измеряется

величиной разрывающего усилия. Прочность каната определяется суммой усилий, разрывающих каждую проволоку в отдельности. Испытания на разрыв производятся на специальном станке (фиг. 13). При этом не принимаются в расчет проволоки, прочность которых оказалась на 20% меньше средней прочности всего каната.

Одновременно с пробой на разрыв производится измерение удлинения проволок. Из куска каната длиной в 1 м испытывают на прочность и гибкость все проволоки его, за исключением проволок сердечников, которые не принимаются в соображение. Гибкость проволок измеряется числом загибов до излома на 180° при радиусе кривизны в 6,25 мм. Загибом на 180° считается изгиб проволоки попеременно вправо и влево на 90°. Прибор для производства этого испытания изображен на фиг. 14. По «Правилам для ведения горных работ» число загибов проволоки должно удовлетворять следующим условиям:

$\varnothing$ проволоки в мм	Число загибов до момента излома
0—2	8
2—2,2	7
2,2—2,5	6
2,5—2,8	5
2,8 и более	4

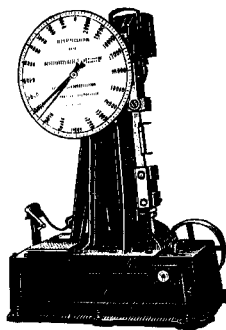
Зависимость числа загибов от радиуса закругления губок тисков и  $\varnothing$  проволоки выражается ф-лой А. Шухарда [12]:

$$z_1 : z_2 = \left( \frac{d_2}{2R_2 + d_2} \right)^2 : \left( \frac{d_1}{2R_1 + d_1} \right)^2$$

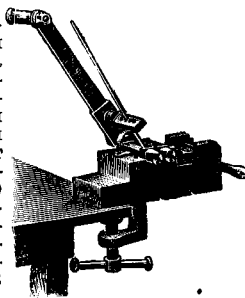
( $z_1$  и  $z_2$ —числа загибов,  $d_1$  и  $d_2$ — $\varnothing$  проволоки и  $2R_1$ ,  $2R_2$ —кривизны губок тисков). Хорошей

пробой на качество стальной канатной проволоки является проба на скручивание. Прибор для скручивания представлен на фиг. 15. Для испытания берут отрезок проволоки длиной от 150 до 200 мм, натянутый определенным грузом. Результат испытаний дан в табл. 3 (по Нгабак [14]).

Процесс свивки уменьшает разрывающее усилие каната по сравнению с тем, какое он должен был бы иметь, если исходить из разрывающих усилий отдельных проволок до свивки. По Бендсдорфу [13], действительное разрывающее усилие каната при спи-



Фиг. 13.



Фиг. 14.

Табл. 3.—Результат испытаний канатной проволоки на скручивание.

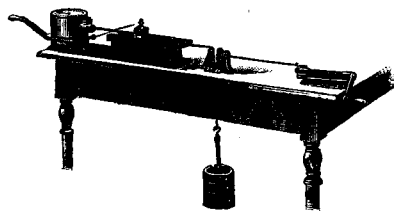
Врем. сопр. на разрыв в кг/мм <sup>2</sup>	Диаметр проволоки в мм	Число скручиваний
60	1,4	60
	2,0	52
	2,5	40
120	1,4	26
	2,0	22
	2,5	18
150	1,4	26
	2,0	20
	2,5	17
180	1,4	25
	2,0	19
	2,5	16

раальной свивке в первом приближении м. б. принято равным 0,95 от суммы разрывающих усилий отдельных проволок; при тросовой свивке—0,90, при кабельной свивке—0,85. Инж. Крен (Kroen) [9] на основе испытаний, произведенных на St. Egidier Drahtseilfabrik, вывел ф-лу:

$$Z = n \cdot z \cdot \cos u \cdot \cos W,$$

где  $Z$ —разрывающее усилие всего каната в кг,  $n$ —число отдельных проволок в канате,  $z$ —разрывающее усилие отдельной проволоки,  $u$ —угол свивки проволок в пряди и  $W$ —угол свивки прядей в канате. По его подсчетам для тросовой свивки коэффициент  $\cos u \cdot \cos W$  при крейцшлагге равняется 0,94 и при альбертшлагге—0,95.

Продолжительность службы проволочного каната зависит от качества самого каната и



Фиг. 15.

от правильности его эксплуатации, а именно от: 1) качества стальной проволоки, применяемой для изготовления каната, правильного подбора рода свивки, конструкции и толщины проволоки; 2) достаточной величины  $\varnothing$  барабана для наматывания каната; 3) правильности системы торможения, предотвращающей внезапное введение полной нагрузки; 4) недопущения частого изменения скорости подъема; 5) регулярности осмотра каната и наблюдения за его постепенной смазкой; 6) предохранения каната от ненужного трения и защемления в канавках барабана, причем следует обращать внимание на то, чтобы поверхность барабана была гладко обточена и не имела выступающих головок болтов и пр.; 7) своевременного вырезывания выступающих концов поломанных проволок в канате, т. к. выступающие концы при навивании каната на барабан влекут за собой поломку других проволок;

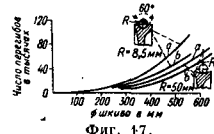
Т. Э. м. IX.

8) соблюдения правил предосторожности против образования петель и узлов при расправке нового каната; 9) смазки каната мазью, не содержащей кислот и смолы; если мазь смолистая, то образуется твердая кора, которая лопается, в образующиеся щели попадает вода, и канат незаметно ржавеет; хорошей смазкой может быть графит или смесь графита с вазелином, льняным, пальмовым или какими-нибудь другими растительными маслами, которые рекомендуются перед смазкой согреть. Смазка канатов производится в сухих шахтах через каждые две недели, а в сырых или глиняных—не менее одного раза в неделю. Канаты в системе Коэрре не смазываются, т. к. они тогда скользят по шкиву.

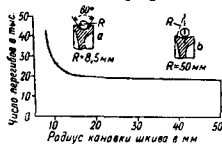
Некие факторы, влияющие на продолжительность службы каната, были недавно подвергнуты экспериментальной проверке, в результате которой удалось сделать целый ряд важных для практики выводов.

а) Влияние радиуса канавки канатного шкива показано на фиг. 16. Как можно видеть из диаграммы, продолжительность службы каната

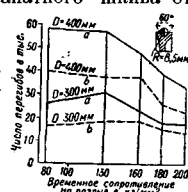
растет вместе с уменьшением радиуса канавки канатного шкива. б) Род свивки оказывает влияние на продолжительность службы каната: альбертшлагг дает лучшие результаты, чем крейцшлагг. На фиг. 17 показано, как изменяется продолжительность службы каната в зависимости от рода свивки и  $\varnothing$  канатного шкива. Кривые а относятся к свивке альбертшлагг, а кривые б—к свивке крейцшлагг. в) Что касается влияния  $\varnothing$  и числа проволок, то многочисленные опыты показали, что при прочих равных условиях, изменяя только число проволок от 366 до 18 и их  $\varnothing$  одновременно от 0,56 до 2,50 мм, наилучшие результаты в смысле продолжительности службы каната получают при числе проволок 114,  $\varnothing$  проволоки 1,0 мм и  $\varnothing$  канатного шкива от 300 до 500 мм (при радиусе для канавки 8,5 мм). г) На продолжительность службы каната оказывает влияние сопротивление на разрыв проволоки, из которой изготовлен канат. Графически влияние это указано на фиг. 18 (а—свивка альбертшлагг и б—крейцшлагг). Как видно из диаграммы, максимум продолжительности службы каната получается при проволоке с временным сопротивлением на разрыв в 130 кг/мм<sup>2</sup>. д) Цинкование стальных проволок, идущих для изготовления канатов, понижая их временное сопротивление на разрыв, не понижает,



Фиг. 17.



Фиг. 16.



Фиг. 18.

максимум продолжительности службы каната получается при проволоке с временным сопротивлением на разрыв в 130 кг/мм<sup>2</sup>. д) Цинкование стальных проволок, идущих для изготовления канатов, понижая их временное сопротивление на разрыв, не понижает,

а иногда даже и несколько повышает продолжительность службы каната. е) Канаты закрытой конструкции имеют в эксплуатации целый ряд преимуществ; в частности закрытая конструкция повышает продолжительность службы каната. ж) Перегиб каната при работе (например в виде буквы S) понижает продолжительность его службы; понижение достигает 25% и более.

Производительность стальных канатов в шахтных подъемниках за все время их эксплуатации (по Петеру) такова:

1) при устройстве с приводными шкивами—для сухих работ 274 000 *ткм*, для мокрых работ 141 000 *ткм*;

2) при устройстве с канатными барабанами—для сухих работ 136 000 *ткм*, для мокрых работ 103 000 *ткм*.

Стоимость каната на 1 *ткм* произведенной им работы составляет для обыкновенных шахтных подъемников 0,3—3 коп., для подъемников Кепе—0,27—2,7 коп.

Лит.: 1) Altpeter H., Die Drahtseile, ihre Konstruktion u. Herstellung, Halle a/S., 1926; 2) Die Maschinen d. Berg- und Hüttenwerke, hrsg. v. F. Peter, H. 2.—Die Seile und Ketten, Halle a/S., 1914; 3) Дейкин с н. А., Конструктивные таблицы стальных канатов, Союзинж. 4) Schwarz W., Hilfstafeln für die Draht-, Drahtseil-, Blech- etc. Kalkulation, Hamm, 1922; 5) Stephan P., Die Drahtseilbahnen, 4 Aufl., B. 1, 1926; 6) Schleiffenbaum, Das Drahtseil, seine Fabrikation u. Eigenschaften unter besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung als Tragorgan zu Hängebrücken, «Kölnner technische Blätter», Köln, 1914, H. 7; 7) Ромп А., Aus Theorie und Praxis d. Stahldraht-Herstellung, «St. u. E.», 1925, H. 21; 8) Adan A. T., Wire Drawing at the Cold Working of Steel, L., 1925; 9) «Österr. Ztschr. f. d. Berg- u. Hüttenwesen», W., 1909, p. 343; 10) Лурье Г. В., Влияние протяжки на свойства проволоки, «Вестник инженеров», М., 1927, 8; 11) его же, Стальные проволоочные канаты, их конструкция, расчет и производство, «Вестник металлопромышленности», М., 1928, 17; 12) Schuis A. F. d. A., Untersuchung d. Biegsamkeit v. Drähten, «Anzeiger f. d. Draht-Industrie», Berlin, 1909, 14—17; 13) Benn dorf H., Beiträge zur Theorie d. Drahtseile, «Ztschr. d. Österreichischen Ingenieur- u. Architekten-Vereins», Wien, 1905, p. 685; 14) Грабак Я., Die Drahtseile, B., 1902; 15) «Glückauf», Essen, 1910, p. 785; 16) Нербст Н., Die Hin- u. Her-Biegeprobe f. Förderseildrähte, ibid., 1924, p. 1414; 17) Нербст Н., Ergebnisse d. Verhandlungen d. Preuss. Seilfahrtkommission, ibid., 1925, p. 33; 18) «Die Verhandlungen und Untersuchungen d. Preuss. Seilfahrtkommission», Berlin, ab 1913.

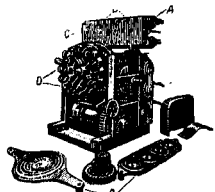
В ö r n e r C., Draht-Weltbuch, p. 137, Halle a/S., 1924; T r e b e s i u s, Die Entwicklung d. Drahtseilerei. Handb. f. Drahtindustrie, B., 1926. Г. Лурье.

#### К. п. из волоконистых материалов.

Для изготовления тонких ( $\varnothing$  до 25 мм) канатов из волоконистых материалов за границей обыкновенно применяют веревочные машины (см. *Веревочное производство*). У нас эти машины для изготовления канатов не получили распространения. Как тонкие, так и толстые канаты на наших ф-ках вырабатываются на так называемых тягально-спускальных машинах с откатывающейся кареткой. Толстые канаты за границей вырабатываются на тягально-спускальных машинах,

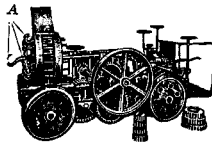
на вертикальных канатных машинах и на горизонтальных канатных машинах.

**Изготовление канатов на тягально-спускальных машинах.** Выработке канатов на



Фиг. 19.

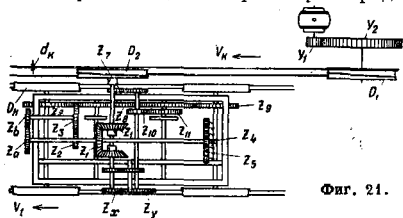
устройства позади неподвижного лафетарамы, в к-рые вставляется потребное количество бобин с пряжей. Необходимо для образования пряжи число ниток пряжи проводят через отверстия регистровой доски *A*, расположенные концентрич. кругами, так что и кабелки в каждой пряди располагаются



Фиг. 20.

таким же образом. Отсюда каждая группа кабелок пропускается через свой калибр *B*, соответствующий вырабатываемой пряди. Калибр представляет собою металлич. трубку, которая вставляется в

отверстия паровой коробки *C*, где кабелки прогреваются паром, благодаря чему они становятся более мягкими и легче поддаются сжатию при протаскивании через калибр. Такое подогревание необходимо для смоленых кабелок, в особенности в холодное время. Пропущенные через калибр концевые группы кабелок каждой пряди связывают узлом и надевают на крюк *A* (фиг. 20) тягальной машины. Заправленной т. о. тягальной машине сообщается при помощи электромотора и ядра



Фиг. 21.

шестерен и шкивов поступательное движение, при к-ром она вытягивает пряди и одновременно сообщает им крутку. Данные о передачах и основных размерах тягальных машин приведены в табл. 4.

Табл. 4.—Данные тягальных машин.

п. н. об/м.	$Y_1$	$Y_2$	$D_1$ в м	$d_K$ в м	$\rho\%$	$D_2$ в м	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$	$Z_7$	$Z_8$	$Z_9$	$Z_{10}$	$D_K$ в м
740	18	141	0,912	0,025	2	0,920	11	35	60	12	15	40	16	40	0,700	

Число зубцов сменных шестерен:  $Z_4$ —10-11-12-13-14;  $Z_6$ —36-35-34-33-32;  $Z_8$ —13-14-15-16-17;  $Z_9$ —33-32-31-30-29.

Расчет скорости вытягивания стренг и крутки в тягальных машинах (фиг. 21). Скорость тягового каната  $V_k$  (в м/мин),

$$V_k = \frac{n_m \cdot u_1 \cdot \pi (D_1 + d_k)}{y_2} \cdot \left(1 - \frac{p}{100}\right), \quad (1)$$

где  $n_m$  — число об/м. мотора,  $D_1$  и  $d_k$  —  $\varnothing$  шкива и каната в м,  $p$  — % скольжения на передаче.

Скорость каната относительно каретки равна

$$V_k - V_t,$$

где  $V_t$  — скорость каретки в м/мин.

Число  $n_2$  об/м. шкива  $D_2$

$$n_2 = \frac{V_k - V_t}{\pi (D_2 + d_k)} = K_1 (V_k - V_t), \quad (2)$$

где  $K_1 = \frac{1}{\pi (D_2 + d_k)}$  — постоянная для данной тягальной машины число, а  $D_2$  —  $\varnothing$  шкива в м.

Число  $n_{кр.}$  об/м. крюков

$$n_{кр.} = \frac{n_2 \cdot z_a \cdot z_3 \cdot z_4}{z_b \cdot z_2 \cdot z_5} = K_2 \cdot n_2 \cdot \frac{z_a}{z_b}, \quad (3)$$

где  $z_a$  и  $z_b$  — число зубцов на сменных шестернях и  $K_2 = \frac{z_3 \cdot z_4}{z_2 \cdot z_5}$ , подобно  $K_1$ , — постоянное число.

Скорость тягальной каретки (в м/мин)

$$V_t = \frac{n_2 \cdot z_x \cdot z_6 \cdot z_8 \cdot \pi \cdot D_k}{z_y \cdot z_7 \cdot z_9} = K_3 \cdot n_2 \cdot \frac{z_x}{z_y}, \quad (4)$$

где  $D_k$  —  $\varnothing$  колес в м,  $z_x$  и  $z_y$  — число зубцов на сменных шестернях и  $K_3 = \frac{z_6 \cdot z_8 \cdot \pi \cdot D_k}{z_7 \cdot z_9}$ , подобно  $K_1$ , — постоянное число.

Из ф-л (4) и (2) получаем (в м/мин):

$$V_t = \frac{V_k}{1 + K_1 \cdot K_3 \cdot \frac{z_y}{z_x}}. \quad (5)$$

Шаг витка наружных каболок в пряди

$$t = \frac{V_t}{n_{кр.}} = \frac{K_3 \cdot z_x \cdot z_b}{K_2 \cdot z_y \cdot z_a} \text{ м на один оборот.} \quad (6)$$

Крутка стренги

$$I = \frac{1}{t} = \frac{K_2 \cdot z_y \cdot z_a}{K_3 \cdot z_x \cdot z_b} \text{ оборотов на м.} \quad (7)$$

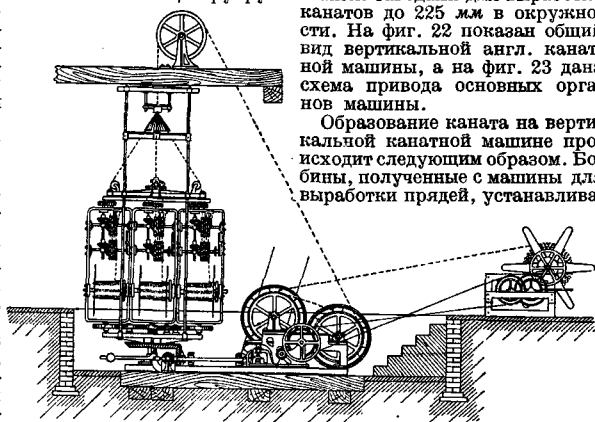
Крутка пряди зависит от поступательной скорости каретки. После вытягивания пряди намеченной длины поступательное движение каретки прекращается или выключением мотора, по сигналу машиниста, или переводом на холостой ход шкива  $D_2$ . Далее выводятся из сцепления шестерни  $z_9$  и  $z_{11}$  и коническая шестерня  $z_1$ . Во избежание раскручивания пряди затормаживается вал с шестерней  $z_4$ , который задерживает крюки крутки, и обрезанные пряди надеваются на крюки  $D$  неподвижного лафета (фиг. 19).

Образование каната из прядей, или спуск каната, может производиться этими же машинами и на этой же дороге или же пряди перекладываются на другую дорогу, и канат спускается такими же машинами, но на другой дороге. Процесс спуска в обоих случаях одинаков.

Полученные пряди не имеют достаточной крутки, и поэтому приходится производить докрутку прядей, сообщая вращательное движение крюкам тягальной машины и неподвижному лафету, причем вращение происходит в разные стороны. Когда докрутка доведена до требуемого размера (что зависит от толщины каната), пряди снимают с крюков каретки и в количестве, нужном для образования каната, надевают на один из крюков  $A$  (фиг. 20). Между прядями у крюка каретки вставляют конус, после чего приводят в движение крюки каретки и лафета в одном и том же направлении. От скручивания прядей конус гонится в сторону переднего лафета, и между крюками каретки и конусом происходит скручивание прядей в канат. Поступательные движения конуса (шаг витка каната) регулируются путем закрепления конуса на тележке, которой сообщается требуемое поступательное движение от привода или же движение конуса регулируется спускальщиком при помощи привязанных к конусу концов каната, которыми обматывается изготавливаемый канат; зажимом этих концов регулируется поступательное движение конуса. Изготовленные канаты смазываются на особых сборочных машинах в бухтины.

**Изготовление канатов на вертикальных машинах.** Для образования каната на вертикальных машинах необходимо предварительно получить прядь из отдельных каболок, что производится при помощи т. н. машины для прядей (Litzemaschine). Для производства канатов указанные машины, не отличающиеся по своей конструкции от машины для производства прядей для веревков, строятся более тяжелого типа. После выработки прядей они, в виде бобин  $\varnothing$  от 350 до 1 000 мм, поступают на вертикальную канатную машину, где три или четыре пряди скручиваются в трех- или четырехпрядный канат. Вертикальные канатные машины применяются преимущественно в Англии и конструируются англ. заводами для выработки канатов до 225 мм в окружности. На фиг. 22 показан общий вид вертикальной англ. канатной машины, а на фиг. 23 дана схема привода основных органов машины.

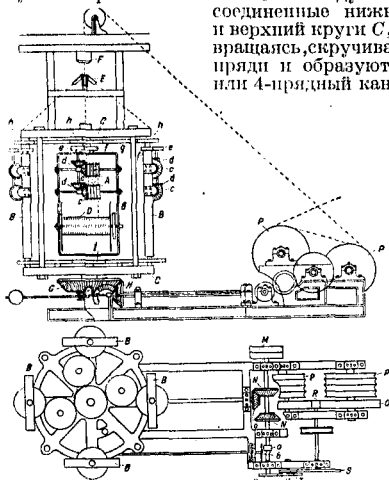
Образование каната на вертикальной канатной машине происходит следующим образом. Бобины, полученные с машины для выработки прядей, устанавлива-



Фиг. 22.

ются в рамках  $B$ , как указано на фиг. 5. Вытяжные барабаны  $P, P$ , вращаясь, вытягивают

отдельные пряди с бобин через желобчатые шкивы *A*, отверстия верхнего вращающегося круга *C*, конус *E*, направляющую втулку *F* и верхний блок. Жестко между собой соединенные нижний и верхний круги *C*, *C*, вращаясь, скручивают пряди и образуют 3- или 4-прядный канат.



Фиг. 23.

Рамы *B*, в к-рых помещаются бобины с прядями, производят докрутку прядей. Желобчатые шкивы *A* связаны между собой системой шестерен так, что производят одинаковую подачу прядей с каждой бобины. Шестерни, помощью к-рых совершается вращение рам *B*, докручивающих пряди, рассчитаны т. о., что раскручивание прядей, происходящее вследствие вращения машины, полностью компенсируется вращением рам в обратном направлении. Для регулирования крутки служит фрикционная передача *a-b* к шестерне *I*. Желобчатые шкивы *A*, вращающиеся от натяжения прядей, соединяются одинаковыми шестернями *c, d, e, f* и *h* с шестерней *g*, вследствие чего число оборотов и подача прядей уравниваются во всех рамах. Т. обр. при вращении главного шкива происходит одновременно вращение: 1) вытяжных барабанов *P, P, 2)* кругов *C, C*, скручивающих пряди в канат, 3) рам *B*, докручивающих пряди, и 4) желобчатых шкивов *A*, производящих подачу прядей с бобин для образования каната. Выпуск каната в единицу времени равняется окружной скорости вытяжных барабанов *P, P*. Если обозначим число об/м. главного шкива *M* через *n*, а диаметр вытяжных барабанов через *D*, то окружная скорость их

$$V = \frac{n \cdot X \cdot T \cdot R \cdot \pi \cdot D}{U \cdot S \cdot Q}$$

Число об/м. кругов *C, C* машины

$$n_c = \frac{n \cdot N \cdot H}{O \cdot G}$$

Крутка каната на 1 м. равна

$$\frac{\frac{n \cdot N \cdot H}{O \cdot G} \cdot N \cdot H \cdot U \cdot S \cdot Q}{\frac{n \cdot X \cdot T \cdot R \cdot \pi \cdot D}{U \cdot S \cdot Q}} = \frac{N \cdot H \cdot U \cdot S \cdot Q}{O \cdot G \cdot X \cdot T \cdot R \cdot \pi \cdot D}$$

адрес *X* — сменной шестерни. Основные данные для передачи вертикальной канатной машины приведены в табл. 5.

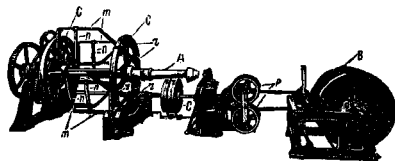
Табл. 5.—Данные вертикальных машин.

Числа зубцов									Окружности барабанов <i>P, P</i> в м
<i>N</i>	<i>H</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>Q</i>	<i>O</i>	<i>G</i>	<i>T</i>	<i>R</i>	
31	35	60	60	100	31	75	15	20	2,4

Сменная шестерня *X* имеет 16-18-20-22-24-26-28-30-32-34-36 зубцов.

Выработка канатов на горизонтальных канатных машинах начинается также с образования прядей на машинах для выработки прядей, после чего бобины с прядями устанавливаются в вращающихся рамах горизонтальной канатной машины.

На фиг. 24 показан общий вид горизонтальной канатной машины (Seilschlagmaschine). Она состоит из вращающихся кругов *C, C* с центральным вращающимся валом *A*, имеющим на конце конус для скручивания каната. В кругах *C, C* помещены вращающиеся рамы *m*, которые производят докрутку пряди. На шпиндели *n* надеваются катушки с прядями, к-рые вытягиваются желобчатыми вытяжными блоками *p, p* и через отверстия *r* направляются к конусу, сидящему на конце вала *A*, где они скручиваются в трех- или четырехпрядный канат.



Фиг. 24.

Барабан *B* производит сборку скрученного машинной каната.

Лит.: Закаржевский С. И., Механика. Производство канатов, Харьков, 1907; Лебедев Н. И., Производство канатов и веревки. Петроград, 1923; Крашенинников Ф. Е., Прядение пеньки и производство крученых изделий, Москва, 1929; Carter H. K., Modern Flax, Hemp a. Jute Spinning a. Twisting, London, 1907; Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 5, T. 2—Hanf- u. Hartfasern, B., 1927.

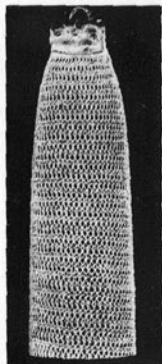
**КАНАТЫ**, см. Канатное производство.

**КАНАВА**, первоначально—грубая пеньковая ткань с полосами, впоследствии—хлопчатобумажная, реже—льняная, шерстяная или шелковая ткань из сильно крученой пряжи, сработанная очень редко по основе и по утку, с большими промежутками между отдельными нитями, отбеленная или подкрашенная в кремовый или слабо синий цвет. Главное применение *K.* имеет как основа для вышивальных работ. *K.* применяется также как подкладочный материал, а более грубые сорта ее—как сетка для окон в целях предохранения помещений от мух и др. насекомых.

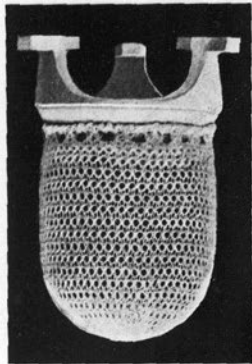
*K.* работает на ткацком станке полотняным переплетением, при одинаковой плотности по основе и по утку, с квадратными отверстиями между нитями. Различают *K.* в одну



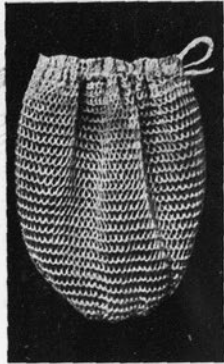
КАПИЛЬНАЯ СЕТКА



1

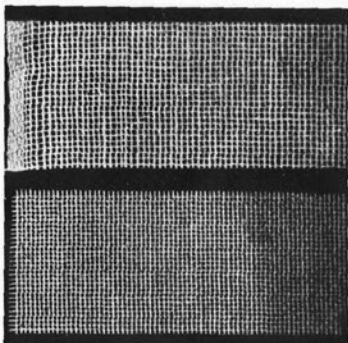


2

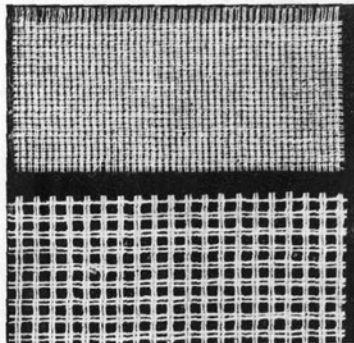


3

КАНВА

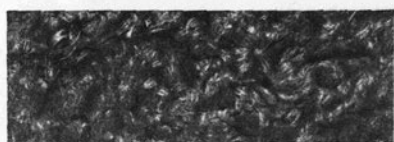
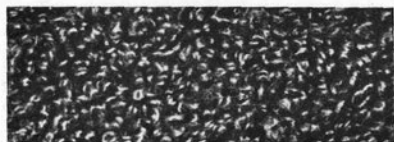


В одну нитку.



В две нитки.

КАРАКУЛЬ ИСКУССТВЕННЫЙ



Образцы искусственного каракуля.



Внешний вид пряжи после кручения и посадки.

нитку и в две нитки (вкладыш, лист, 1 и 2). Во втором случае основа пробирается не в отдельный зубья берда, а по две нити в один зуб, с оставлением далее одного или двух зубьев без проборки. По изготовлении К. отбеливается, окрашивается в указанные цвета и сильно проклевывается, после чего пропускается под сильным прессом. Сильная проклейка и прессование придают ткани необходимую жесткость.

Находи широкое применение, К. весьма разнообразна по выработке. Различают тонкую канву и грубую. Первая работает из хл.-бум. пряжи (основа и уток) № 30/2, 32/2, 36/2, 40/2, 50/2 с числом ниток на 1 см от 6 до 12, вторая—из хл.-бум. пряжи № 16/3, 20/3, 24/3 с числом ниток на 1 см от 4 до 8. Наиболее грубая К.—смирнская, находящая применение как основа для вышивально-коврового производства,—работается из пряжи №№ 6/8 и 8/8 с плотностью от 2 до 4 ниток на 1 см. Нумерация К. основана на плотности ее и предусматривает 12 классов, причем к 1-му классу относится ткань наименьшей плотности, а к 12-му—наибольшей плотности.

Под названием шелковой К. понимается обычно ткань, сработанная из сильно крученой хл.-бум. пряжи, обвитой на особой машине слабо крученым шелком, иногда отваренным, с плотностью нити по основе и по утку от 10 до 16 на 1 см. Покрытие хлопчатобумажной пряжи шелком придает ткани вид шелкового товара.

*Лит.: Müller E., Handbuch d. Weberei, Berlin, 1896; «Meliland's Textiberichte», Heidelberg, 1929. В. Лисаев.*

**КАНИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**, изготовление тонких металлических нитей и пряжи, служащих материалом для парчи, мебельных материй, золотошвейных украшений, струн и пр. Различают следующие предметы К. п.: в о л о к а—тонкие металлические нити, п л о т н е н к а—тонкие металлические ленточки, к а н и т е л ь—волокна или плетенки, свитые в спираль, и п р и д е в о—хл.-бум. и шелковые нити, обвитые плетенкой. Основными материалами для всех этих изделий служат: электролитич. красная медь, чистое серебро, чистое золото, сплав меди и никеля, цементированная медь (лигатура), хл.-бум. и шелковая пряжа.

Металлич. основа канительного изделия состоит из медного или серебряного сердечника, плакированного серебром или золотом. Из такого комбинированного металла изготавливается прежде всего волокна, т. е. очень тонкая проволока, получаемая из плакированной болванки, которая носит название к у с а. Для заготовки кусьев литые болванки круглого сечения, diam. 100 мм и длиною: медные 700 мм и серебряные 500 мм, вальцуются в горячем состоянии—первые до diam. 40 мм, а вторые до 60 мм. Полученные вальцованием длинные медные палки разрезаются на четыре куса, а серебряные обрабатываются целиком. Перед плакировкой кусья тщательно острагивают, причем плены вырезают. Медные кусья плакируют серебряными, а серебряные—золотыми листами высокопробного и мягкого металла. Серебряные листы укладывают пакетом на

покрытой бумажным листом доске; медный кус, концы к-рого заточены на конус, натирается предварительно составом для контактного серебрения (хлористое серебро, виннокаменная к-та, хлористый натрий). На серебряные листы накладывают медный кус и, катая его по доске в одну и ту же сторону, наворачивают на него серебряные листы, постепенно уплотняя их. Поверх бумажного листа, к-рый накачивается вместе серебром, кус обвивают лентой из редкой льняной ткани и крепко обвязывают шпагатом. После этого кусья сажают в чугунный муфель, обогреваемый топливом, не содержащим серы, от которой серебро чернеет; лучше всего употребляют нефть. Темп-ра в муфеле  $\leq 800^\circ$ , время нагрева—не более 15 мин., что вполне достаточно для сообщения серебру пластичности. После этого кусья вынимают из муфеля и укладывают на движущийся по рельсам п р и т и р а л ь н ы й с т а н о к, назначение к-рого—удалить содержащийся между листами воздух, препятствующий прочному соединению серебряных листов между собою и с медью. Для этого на кус нажимают стальным воронилом и поворачивают его вокруг оси три или четыре раза. Вместо меди сердечник может состоять из сплава меди с никелем, причем содержание никеля обычно не превышает 10—12%.

Сорта канительных изделий с содержанием серебра до 25 и 40% не серебрятся, а медный кус вставляется в выточенную серебряную трубку и все вместе подвергается волочению. При изготовлении массивной серебряной канители заготовленные серебряные кусья 95-й пробы также покрывают листовым серебром, т. к. накладка высокопробного слоя сообщает изделию белый цвет, тогда как серебро 95-й пробы в изделиях имеет синеватый оттенок. Такое серебро называется м у ф е л ь н ы м с е р е б р о м. Золочение серебра через огонь производится таким же способом, как и серебрение, но притирание совершается вручную и не стальным воронилом, а воронилом из کروвикана. Золочение 25—40%-ного, или т. н. т и т р о в о г о, товара производится в целом кусе, до сверления. Серебряная и золоченная через огонь канитель различается по весу наложенного серебра или золота в %.

Цементированная медь или т. н. лигатура готовится в большинстве случаев из медного куса, уже потянутого до diam. 1 мм. Такую проволоку, тщательно очищенную от плен, окислы и жира, помещают в чугунный муфель, на дне которого насыпана смесь гранулированного цинка с нашатырем. Муфель нагревается так, чтобы дно его имело температуру испарения цинка, а та часть, через которую проходят медные проволоки, получила более высокую температуру, благодаря чему цинковые пары, осевшие на медных проволоках, вплавляются в поверхность меди и сообщают ей золотистый цвет. Лигатура является дешевой имитацией золоченых товаров.

Полученный описанными способами материал подвергается волочению в холодном состоянии для получения канительных нитей разных №№. Для канительных нитей принята лионская официальная нумерация

а именно: а) пайлет, №№ 1—18, диам. 1,00—0,40 мм; б) буилон (В), №№ 1—8, диам. 0,40—0,115 мм; в) Р, №№ 1—7½, диам. 0,106—0,038 мм. Класс В предназначается для биты (см. ниже), а класс Р—для площенки. Теми же №№ обозначается и волока.

Волочение производится в общих чертах так же, как и обыкновенное волочение красной меди, с той разницей, что охлаждение производится чистым льдом, а смазка—чистым пчелиным воском; все остальные смазки ухудшают цвет изделий. Золоченная через огонь волока имеет некрасивый желтый цвет, напоминающий латунь. Для сообщения ей эффективного теплого тона кус, потянутый в проволоку диам. до 12 мм, обрабатывают смесью следующего состава: 8 ч. яри-медянки, 16 ч. красного болуса, 4 ч. квасцов и 150 ч. воска. В растопленную смесь погружают свернутый в кольцо кус и, вынув его, остужают, после чего кладут на 15 мин. на горячие древесные угли, затем немного охлаждают и погружают на сутки в квасную гущу. После этого кус можно подвергнуть дальнейшей протяжке с очень слабым промежуточным отжигом. По мере протяжки и отжига кус «выгуливается», его патинистая окраска исчезает, и волока получает красивый золотой с красноватым отливом цвет.

П л о щ е н и е волоки производится на специальной машине при помощи двух тщательно отшлифованных колес, которые винтами м. б. прижаты друг к другу. Для площения мишурной проволоки применяются стальные закаленные колеса; для площения золоченой через огонь волоки применяются колеса из закаленного чугуна, так как сталь сдирает золото. Площением изготавливаются следующие изделия: б и т ь — готовый товар; м я г к а я п л о щ е н к а — материал для опрядки; п р и п л а с к — не вполне сплощенная волока из № Р; м а т — бить, пропущенная через гравированные вальцы для получения выпуклого рисунка. Обычно в площильном отделе имеются машины и для изготовления канители—м а т о в о й, если спираль делается из волоки, и г л а н ц е в о й, если в спираль свивается припласк. Эти машины имеют следующее устройство: в горизонтальный валик вставлен стержень с конич. острием, могущий быстро вращаться наподобие шпинделя токарного станка. На цилиндрчик. часть стерженька наматывается конец волоки, прижимаемый к стерженьку особым роликом. Т. о. формируется при вращении спираль, причем каждый виток сдвигается последующим. По достижении требуемой длины спираль отрывается автоматически или вручную. Канитель применяют исключительно при золотшейных работах и для кистей. Разрезы канитель на отдельные кольца и расплощивая последние молотком на плоские шайбочки, получают так наз. б л е с т к и, употребляемые в вышивальных работах.

П р я д е в о изготавливается из пряжи и площенки. Для этого применяются машины, основанные на сложении двух движений: поступательного для пряжи и поступательно-вращательного для площенки; в результате получается пряжа с навитью на нее по спирали площенкой. Сортав прядева много.

Прядево обычно различается на ф-ках по трем признакам: по пряже, по № площенки и по серебрению; так, прядево 80/3, 4Р, 1¼ обозначает, что ваята пряжа № 80 в три нити и обвита площенкой № 4Р из волоки с серебрением 1¼%. Серебряное прядево иногда золотится путем гальваностегии.

Лит.: Г у м с к и й К. И., Канительная промышленность в России и за границей, Петербург, 1901; В о с к Ф., Goldstickerei und Weberei in alter und neuer Zeit und dazu verwandte Goldarbeiten, Nürnberg, 1884; Bayerische Gold-Industrie, München, 1896.

Т. Аляксенко-Сарбин.

**КАНИФОЛЬ**, твердая составная часть смолстых веществ хвойных пород дерева, получаемая из *осины* (см.) по отгонке эфирных масел (скипидара), а также непосредственным извлечением из смолистой древесины. К.—хрупкое, раковистого излома, стекляного блеска, вещество от сильно окрашенного и едва просвечивающего черно-бурыми и рубиново-красными оттенками цвета до совершенно прозрачного и почти бесцветного. В зависимости от степени окраски и оттенка К. различается по сортам (маркам), которых напр. для американской К., насчитывают 12, обозначаемых, по мере перехода от более темных сортов к более светлым, буквами: D—хорошая ценная; E—№ 2; F—хорошая № 2; G—низший сорт № 1; H—№ 1; I—хорошая № 1; K—светлая, низший сорт; M—светлая; N—самая светлая; WG—оконое стекло; WW—«белая, как вода»; X—экстра. Первые четыре, более темные марки К. называют также г а р п и у с о м.

К. не является химич. индивидуумом. Состав ее в значительной степени зависит от характера сырья, его происхождения, техники получения К., ее обработки и продолжительности хранения. Поэтому свойства К. варьируют в широких пределах. Удельный вес К. колеблется от 1,01 до 1,09;  $t_{пл.}^{20}$  (размягчение по Кремер-Сарнову) колеблется от 55 до 83°; вращающая способность в этиловом спиртовом растворе  $[\alpha]_D^{20}$  от +3,9 (Флавицкий) до +21,99° (Брюнотт). К. растворима на холоду в метиловом и этиловом спиртах, эфире, ацетоне, хлороформе, сероуглероде, четыреххлористом углероде, трихлорэтилене, уксусной к-те, бензоле, толуоле, ксилоле, феноле, нитробензоле, анилине, эфирных и жирных маслах и частично—в бензиновых и керосиновых погонах нефти. В последнем случае растворимость тем полнее, чем тяжелее нефтяной погон, и тем менее, чем дольше К. подвергалась хранению, особенно в мелкораздробленном состоянии. В холодной воде К. нерастворима, в горячей же частично растворяется. При нагревании с водой К. мутнеет, теряя свой стекловидный блеск и раковистый излом, и превращается в непрозрачную массу. К. действует на расстояния на фотографии. пластину. При хранении на воздухе К. поглощает кислород, причем поглощение это тем больше, чем выше температура. Канифольная пыль в смеси с воздухом способна варьвать. Температура вспышки канифоли при нагревании на воздухе равна 180° (Штребер).

Ходовыми критериями для суждения о качестве К. принято считать цветность (марку),  $t_{пл.}^{20}$  кислотное число, коэф-т омылиния и количество неомыляемых веществ, а в неко-

торых случаях еще и содержание механич. примесей, влажность, зольность, иодное число и количество составных частей, нерастворимых в петролейном эфире. Ц и е т н о с т ь, т. е. марка К., обычно устанавливается сличением с образцами стандартной шкалы, представляющей собою либо полный набор стандартных образцов К. либо набор композиций из стекла соответствующей цветности. Шкала из стекла предпочтительна в виду ее устойчивости в отношении выцветания. В последнее время, в целях большего уточнения степени окраски, в ряде работ по К. цветность выражают не буквенными обозначениями, а числовыми показателями—числом цветности по иодометрической шкале, предложенной Паллауфом и Фонрбертом.  $t_{\text{иод.}}$  К. зависит в очень большой степени от методики ее определения. При определении  $t_{\text{иод.}}$  в капилляре измельченная в порошок К. плавится не сразу, а постепенно, проходя в пределах нескольких десятков градусов через стадии липкости, остекления, каплеобразования и стекания капли с образованием мениска. Протекание плавления в значительном  $t^{\circ}$ -ном интервале является одной из главнейших причин противоречивости данных различных авторов о  $t_{\text{иод.}}$  К. В настоящее время в целях установления единообразия, взамен  $t_{\text{иод.}}$ , фиксируемых в различные вышеуказанные моменты, принят метод Кремер-Сарнова, дающий условную  $t^{\circ}$  размягчения. К и с л о т н о е ч и с л о К. колеблется от 145 до 180; для светлых сортов К. оно очень легко и точно определяется обычными способами; при работе же с темными сортами К. требуется применение соответствующего индикатора, каким является  $\alpha$ -нафтолфалеин. К о э ф - т о м ы л е н и я К. колеблется от 155 до 200. Завися в значительной степени от длительности омыления и количества щелочи, этот коэф., в виду отсутствия точного установленной методики его определения для К., дает малоценные и разноречивые результаты. К о л и ч е с т в о н е о м ы л я е м ы х в К. колеблется от 2 до 15% (по весу) и определяется извлечением их из водных растворов омыленной К. диэтиловым эфиром (Кнехт и Морис) или петролейным эфиром (Кениг и Вольф). Содержание механических примесей (определяемое растворением канифоли в спирте), влажность и зольность, характеризующие гл. обр. степень загрязнения К., особых затруднений в смысле определения их не представляют. И о д н о е ч и с л о для К. колеблется в весьма широких пределах, завися при этом для одной и той же К. от длительности иодирования: например при длительности иодирования в 2 ч.—115,5, через 4 ч.—124,1, через 18 ч.—158,3 (Сметсем, Додд). При хранении К. иодное число с течением времени понижается, причем степень понижения зависит от условий хранения. Критерий этот, имеющий существенное значение в анализе жиров и масел, в отношении К. значительно менее точен. К о л и ч е с т в о с о с т а в н ы х ч а с т е й К., нерастворимых в петролейном эфире, по видимому является одной из весьма существенных ее характеристик; оно в той или

другой степени увеличивается в зависимости от условий и времени хранения К. Чем раздробленнее К., тем сильнее растает со временем количество нерастворимых в петролейном эфире компонентов. Весьма целесообразным, однако еще не получившим достоятельного распространения, показателем товарной ценности К. может явиться %-ное содержание в К. омыляемых и высаливаемых в ее составных частях. Определение его м. б. осуществлено попутно с установлением количества неомыляемых, а именно, высаливанием раствора, полученного после удаления неомыляемых, с последующей обработкой высушенных мыл водным раствором соляной кислоты—в целях разложения, и эфиром—в целях извлечения освобожденных смоляных к-т. Количество омыляемых и высаливаемых колеблется в К., смотря по ее цветности и сорту, от 71 до 90%.

Начало работ по изучению химич. природы К. восходит к 1808 г., когда Бранконно впервые указал на кислотный характер К. Первый химич. анализ К. был проведен еще в 1810 г. Гей-Люссаком и Тенаром, давшими для К. формулу  $C_{30}H_{50}O_4$ . В 1814 г. Рис впервые выделил из галлиота кристаллич. вещества. Уифердорбен в 1827 году указал в качестве составных частей К. аморфную пининовую к-ту (растворимую в холодном 72%-ном спирте), кристаллич. силвиновую к-ту (растворимую в кипящем спирте той же концентрации) и некоторые другие вещества. Принятая в данное время эмпирич. ф-ла главных составных частей К. впервые установлена Дювернуа (1868 г.) для т. наз. пимаровых кислот состава  $C_{30}H_{50}O_2$ . Причиной отсутствия ясности в вопросе о химич. природе компонентов К. следует считать высокую чувствительность этих компонентов к различного рода термич. и химич. воздействиям, в корне меняющим их свойства. Многочисленность кислот, выделенных из К. в разное время различными авторами под разнообразными названиями (абетиновые, пининовые, пимаровые, изопимаровые, силвиновые, пимарабиетиновые, пинабиетиновые, пирабиетиновые и другие кислоты), происходит не столько от разнообразия составных частей К., сколько от различия исходных продуктов и методов их обработки. В настоящее время принята предложенная в 1924 году О. Асканом классификация, согласно к-рой смоляные к-ты делятся на 3 группы. Группа А—природные смоляные к-ты  $C_{30}H_{50}O_2$ ; пимаровые (d- и l-) и сапонины (пининовые и изопининовые) к-ты. Группа В—колофеновые к-ты (продукты изомеризации к-т группы А); абетиновые, изопимаровые и пинабиетиновые к-ты. Группа С—силвиновые к-ты, полученные из к-т групп А и В при действия на них минеральных кислот ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ). К этой же группе по видимому надо отнести выделенные Асканом колофеновые к-ты  $C_{30}H_{48}O_2$  т. н.  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -абетиновые кислоты. О классификации и свойствах смоляных кислот хвойных см. *Смоляные кислоты*.

Кроме к-т из группы В, являющихся главной составной частью К., а также колофеновых к-т из группы С, в К. содержатся еще в незначительном количестве растворимые

в воде т. н. «горькие вещества» и ряд углеводородов нейтрального характера. Состав этих веществ для разных сортов К. по исследованиям Кнехта и Мориса несколько различен. Так, французская К. содержит 1-инен, углеводородное масло среднего состава  $C_{20}H_{32}$  с  $t^{\circ}_{кип.}$  270—278°, масло  $C_{20}H_{32}$  с  $t^{\circ}_{кип.}$  315—320° и масло  $C_{19}H_{30}$  с  $t^{\circ}_{кип.}$  330—335°; в американской К., при отсутствии 1-инена, кроме масла  $C_{20}H_{32}$  с  $t^{\circ}_{кип.}$  270—278°, масла  $C_{20}H_{32}$  с  $t^{\circ}_{кип.}$  315—320° и масла  $C_{19}H_{30}$  с  $t^{\circ}_{кип.}$  335—340°, содержится еще масло  $C_{20}H_{32}$  с  $t^{\circ}_{кип.}$  360—370°.

К. при хранении на воздухе поглощает кислород (самоокисляется), причем количество высокомолекулярных ее компонентов, нерастворимых в петролейном эфире, непрерывно увеличивается, кислотное число понижается, а коэф. омыления после некоторых колебаний повышается; все это вместе взятое свидетельствует о протекающих в К. процессах химич. изменения ее составных частей.

Промышленных источников получения К. в данное время имеется два: 1) переработка получаемой подсолочкой хвойной живицы и 2) экстракция К. из различных видов смолодержательной древесины: пневого осмола, смолья-подсолочки, волочкового осмола и др. Получение К. из живицы производится на небольших заводах и сводится к отгонке из нее скипидара либо непосредственным нагреванием (огневой способ) либо отдувкой паром (паровой способ). Марка и свойства К., получаемой при этом в виде нелетучего остатка, находясь в зависимости от времени сбора живицы, ее чистоты, степени очистки ее фильтрацией и от  $t^{\circ}$  и равномерности нагрева. Для получения К. экстракцией, осмол, предварительно хорошо очищенный от несмолистых частей и гнили, поступает на измельчение в рубильные машины (типа применяемых в целлюлозном производстве), после чего полученная щепа загружается в экстрактор, где содержащаяся в ней К. подвергается извлечению растворителем. В качестве растворителя преимущественно употребляют различные легкие погоны нефти. Извлечение К. из щепы производится либо после предварительной ее обработки паром (для отдувки скипидара) либо совместно со скипидаром. При этом, смотря по принятому на заводе методу работы и желаемому результату, экстракция ведется различно: отдельно, заливая, в противотоке, на холоду, при частичном нагревании или при нагревании в течение всего времени экстракции. Полученный в результате экстракции канифольный раствор поступает в испарительную систему для удаления из него растворителя и скипидара (если не имело места предварительное его удаление из щепы), откуда затем переходит в особые увариватели для получения канифоли по отгонке тяжелых масел перегретым паром. Остающаяся в экстракторе обессмоленная щепа по отдувке паром пропитывается ее растворителем выгружается из экстрактора и используется либо в качестве топлива, что менее выгодно, либо как полуфабрикат для изготовления крафт-целлюлозы. Скипидар собирают отдельно и подвергают соответствующей очистке, а в неко-

торых случаях и разгонке. К. поступает на рынок обычно в бочках весом примерно в 120 и 210 кг.

Общая мировая продукция К. ~ 700 000 т в год, из которых  $\frac{1}{2}$ , приходится на К. экстракционную, а  $\frac{1}{2}$ —на К., получаемую подсолочкой. Главные потребители К.: 1) бумажное и писчебумажное производство, где ее применяют для изготовления писчебумажного клея, 2) мыловаренное производство—для изготовления мыл (в качестве добавки к жирам—до 30 ч. на 100 ч. жира), 3) лакокрасочная промышленность—для изготовления синкатинов, лаков, сургучей, замазок, красок, 4) резиновая промышленность—для изготовления линолеума, галогенного лака и проч., 5) нефтяная промышленность—для изготовления консистентных смазывающих средств, в том числе колесной мази, 6) текстильная—для целей аппретуры, 7) электротехническая промышленность—для изготовления некоторых изоляционных материалов, 8) металлообрабатывающая промышленность—для целей лужения и пайки, 9) пищевая промышленность—для изготовления бутылочных смол и пивной смолы, 10) полиграфич. промышленности—для изготовления типографских красок, 11) военная промышленность—для заливки шрапнелей, изготовления лаков и пр., 12) фармацевтическая промышленность—для изготовления пластырей, мыл и пр., 13) спичечная промышленность и 14) строительная—для придания особой устойчивости бетонным камням и бетонным сооружениям.

Лит.: Тяпченко В. Канифоль и скипидар, СПб., 1915; Пископов Н. Труды химич. в. ч. 2, М., 1914; Фарлон В. Химия высших окислов масел, пер. с нем., СПб., 1913; Киселев В. С., Олифа и лаки, М.—Л., 1926; Ногин К. И., Канифольно-скипидарное производство, Л., 1929; Любарский Е. И., Живой и мертвый терпентин, ч. 1—2, Владивосток, 1925; Фидилович И. В. и Туховицкий Н. В., Свойства подсолочных и экстракционных канифолей и наши критерии для суждения о них, «ЖХП», 1927, 12; Veltos M. et Dupont G., Résines et terpébinthines, P., 1924; Hawley L. F., Wood Distillation, New York, 1923; Austerweil G. u. Roth J., Gewinnung u. Verarbeitung von Harz und Harzprodukte, В.—Mch., 1917; Tschirch A., Die Harze u. die Harzbehälter, 2 Aufl., Lpz., 1906; Fonrobert E. u. Pallaut, «Farbenzeitung», В., 1926, 37; Knigge G., «Allgemeine Öl- u. Fett-Zeitung», В., 1926, 8—9; Fonrobert E., «Chemische Umschau», Slg., 1925, Jg. 32, Н. 37—38; Vesterberg A., «B», 1905, В. 38, p. 4125—4132; Stock E., «Farbenzeitung», Berlin, 1921, 3; Schaw D. a. Sebrell D., «J. Eng. Chem.», 1926, 6; Fonrobert E. u. Grett A., «Chemische Umschau», Slg., 1929, Jg. 36; Vitanen A., «Lieb. Ann.», 1921, В. 424, p. 150—215. Aschan O. u. Levy P., «B», 1927, В. 60; Herbig Fr., «Ztschr. d. deutschen Öl- u. Fett-Industrie», В., 1926, 79; Austerweil G., «Ch. Ztg.», Götting, 1917, 32—33; Aschan O., «Ch. Ztbl.», 1923, 5, p. 309; Scheiber S., «Z. ang. Chem.», 1926, Jg. 39, 25; Tschirch A., «Arch. d. Pharmazie», В., 1927, 3—4; Knecht E. und Hibbert E., «Journal of the Society of Dyers a. Colourists», L., 1925, 10. И. Филипович.

**КАНИФОЛЬНЫЕ КРАСКИ**, краски, вырабатываемые из смеси едкой щелочи и канифоли, к-рая подкрашена различного цвета органическими красящими веществами (фуксин, метиловый, сафранин), стойкими к щелочам. Для изготовления К. к. берут прозрачную, высшего сорта, американскую или французскую канифоль, причем на 100 ч. канифоли берут 10 ч. едкого натра и 33 ч. кристаллич. соды, растворенной в 1 000 ч.

воды. Всю смесь нагревают до кипячения, после чего охлаждают до 50° и к раствору прибавляют (помешивая) хорошо профильтрованный органич. краситель, к размешанной массе прибавляют раствор хлористого олова или хлористого магния. Полученную К. к. отфильтровывают на полотно с отсаживанием, отжимают и сушат. Краскурастворыют в спирте, эфире, бензине, ацетоне, скинпидаре, расплавленном воске, маслах и т. д. К. к. служат для окрашивания дерева и металла, причем для покрытия поверхности ровным слоем краску наносят в теплом месте и высушивают при 22—25°. К. к. очень распространены в производстве игрушек.

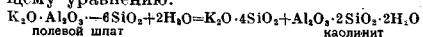
Лит.: см. Краски минеральные. С. Михайлов.

**КАНЫГА**, содержимое желудков и кишек убойных животных, малопроцессный отброс, часто даже не имеющий никакой цены. На небольших бойнях К. вывозится в ямы, овраги и на свалки. В немногих больших городах, у нас и за границей, ее утилизируют наряду с другими более ценными отбросами, как трупы животных, забракованное мясо и органы больных животных, третьи отделы желудков жвачных («кижка», на языке мясников, «летошки»), плоды, извлеченные во время убоя из утробы, и отчасти кровь. На московских бойнях К. в год получается около 11 500 т; ее в сильно разведенном водно-состоянии отводят системой канализации Шона на поля орошения, находящиеся в 1 км от бойни. Интересы ветеринарные и здравоохранения требуют, чтобы загрязняющие почву и воздух отбросы обезвреживались и утилизовались как удобрительный материал для сельского хозяйства или сжигались в технич. предприятиях.

Лит.: А. Я. Голицын и Р. В. Война с санитарной точки зрения. СИБ. 1899; Воеводский и В. Р. Уничтожение, путем утилизации, отбросов и нечистот со скотины. М., 1901.

**КАОЛИН**, сырая каолиновая порода, — светлоокрашенный, чаще всего белый, рыхлый тонкоземлистый агрегат, главную составную часть которого составляет минерал каолинит (см. Глина). Химический состав хорошо отмученных К. варьирует около теоретического состава: 46% SiO<sub>2</sub>, 39,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 14% H<sub>2</sub>O. Наиболее чистые, свободные от кварца К. плавятся ок. СК 35—36. Средняя величина частиц отмученной К. меньше 0,01 мм. Высушенный К. имеет чаще всего белую окраску, реже желтую или серую. Высокоосортный К. отличается отчетливым кристаллич. пластинчатым строением, высокой огнеупорностью (ок. 1750°) и как правило безызоной черпа после обжига. Об отношении каолина к нагреванию см. *Огнеупорные материалы*.

По происхождению различают К. первичные и вторичные, или отложные. Первичные К. образуются гл. обр. путем выветривания изверженных и метаморфич. пород, гл. обр. гранито-гнейсов и пегматитов, и нек-рых осадочных пород. Процесс этот называется каолинизацией и состоит в том, что полевошпатовый минерал разлагается водой, содержащей углекислоту, по следующему уравнению:



Первичные К. нередко встречается весьма

мощными залежами и обычно содержат до 60—75%, а иногда и больше, кварцевого песка с большей или меньшей примесью слюды и полевого шпата. Вторичные К. представляют собою продукт отложения на дне водных бассейнов после перемыва и переноса ранее образовавшихся первичных К. Залегают они обычно слоями или линзами и характеризуются почти полным отсутствием кварцевых частиц или присутствием их (до 10%) в виде мелких зерен.

Пластичность первичных даже отмученных К. незначительна, у вторичных К. она несколько больше. Наиболее важными в промышленном отношении являются месторождения первичного К., дающего после отмучивания достаточно однородный продукт. Месторождения вторичных К. обычно отличаются малой мощностью и значительной неоднородностью состава даже в пределах одной и той же залежи.

Первичный К. используется в промышленности почти исключительно в отмученном виде. Процесс отмучивания осуществляется на специальных каолиновых з-дах и состоит в следующем. Сырая порода вальцовывается со значительным количеством воды, вследствие чего происходит разделение частиц содержащихся в К. минералов. Наиболее тонкие и легкие частицы, т. е. преимущественно каолинитовые, задерживаются в воде во взвешенном состоянии, а грубые частицы примесей оседают (в зависимости от их величины — с разной скоростью) на дно. Взмученная в воде каолиновая порода направляется затем по длинному извилистому желобу, где происходит оседание последних более тонких частиц примесей. Очищенная т. о. каолиновая муль собирается затем в отстойных бассейнах, где каолинит медленно опускается на дно. Отстоявшаяся вода удаляется, а сгущенная каолинитовая масса при помощи фильтр-прессов освобождается от большей части воды. Влажность получаемого таким образом материала составляет 22—25%. Взамен отмучивания, способа громоздкого и сопряженного с трудностями работы в холодное время года, в новейшее время применяется с успехом способ электроосмоса (см. *Электрофорез*). Огромное практическое значение в настоящее время приобретает применяемый с 1928 г. на каолиновых заводах Украины способ отмучивания К. с применением при вальцовании сырой породы специальных реагентов (электролитов); эти реагенты вызывают особо быстрое осаждение К.; благодаря этому процесс отмучивания ускоряется вдвое и не требуется сложной системы желобов. Густая каолиновая масса после осаждения особенно плотная и легко отжимается на фильтр-прессах. Удельный вес отмученного каолина колеблется от 2,60 до 2,617.

Штарк весьма тщательно изучил физич. свойства семи сортов лучших германских К. Некоторые из полученных им цифр таковы: уд. в. 2,60—2,617, средняя величина частиц 3,6—8,3 м; водопроницаемость от 0,05 до 7,40 и скорость высыхания 0,9—1,3 (принимая в обоих случаях за стандартную единицу те же свойства геллицкого К.); воздушная усадка при начальной влажности

в 28% составляет от 0,65 до 6,0%; сопротивление на излом для К. той же влажности 12—330 г/мм<sup>2</sup>.

Основными отраслями промышленности, потребляющими отмученный К., являются бумажная и фарфоро-фаянсовая и, в значительно меньшей степени, резиновая, лакокрасочная, химическая, обойная, текстильная, ультрамариновая, карандашная и др. В бумажной промышленности К. применяется в качестве наполнителя, к-рый сообщает бумаге необходимую плотность; поэтому от него требуется значительная белизна в сыром виде, т. е. незначительное содержание окислов железа и органических примесей (<1%), максимальная тонкость частиц и отсутствие сколько-нибудь грубых частиц песка, слюды и др. В общем примесей не д. б. > 1—1,5%. В фарфоро-фаянсовой промышленности применяют как отмученные, так и отложные К., содержащие не свыше 1,5% окислов железа, до 0,9% окиси титана и до 1,5—2% механич. примесей. Для резинового производства допускается содержание окислов железа в К. не больше 0,5%, извести до 1—1,5%, механич. примесей до 1—1,5%, причем требуется высокая тонкость частиц. По проекту норм Промстандарта предполагается, что отмученный К. должен оставлять на сите в 4 900 отверстий на 1 см<sup>2</sup> не свыше 0,8% и 1,5%, соответственно первому и второму сортам его. По герм. стандарту отмученный К. должен полностью проходить через сито в 10 000 отверстий на 1 см<sup>2</sup>.

Мировая добыча К. в последние годы превысила добычу К. до войны 1914—18 гг., достигнув 3 млн. т против 2,2 млн. т в 1913 г. Добыча отдельных стран в т приведена в табл. 1.

Табл. 1.—Мировая добыча К. по данным Геологического комитета (в т).

Страны	1913 г.	1926 г.
Великобритания . . .	852 109	839 208
США . . . . .	139 878	391 555
Германия . . . . .	142 525*1	431 581**2
Чехо-Словакия . . .	187 895*3	220 339
Япония . . . . .	400 000*4	451 164
Китай . . . . .	300 000*4	300 000

\*1 Бавария и Саксония. \*2 Только Бавария.  
\*\* Вывоз. \*\* Предположительно.

Ввоз К. по странам (в т) составлял:

	1913 г.	1926 г.
США . . . . .	268 000	359 444
Германия . . . . .	301 306	213 868
Бельгия . . . . .	—	64 944
Франция . . . . .	—	57 676
Голландия . . . . .	61 255	49 921
Италия . . . . .	25 792	39 964

Суммарный ввоз всех стран в 1926 году достиг 900 000 т.

Вывоз К. из главнейших стран (в т) составлял:

	1913 г.	1926 г.
Великобритания . . . . .	639 810	662 425
Чехо-Словакия . . . . .	—	220 339
Германия . . . . .	42 058	84 627

Столь исключительная роль Великобритании и Чехо-Словакии на мировом рынке объясняется не только высокими качествами К. обеих стран и крайне благоприятным гео-

графическим положением их по отношению к главнейшим странам-потребителям, но и непрерывно продолжавшимся в этих странах улучшением постановки дела добычи, обогащения, стандартизации и упаковки экспортного продукта.

Потребление К. (в т) составляло:

США . . . . .	751 000 (1926 г.)
Германия . . . . .	757 000 (1 27 *)
Великобритания . . . . .	600 000 (1926 *)
Бельгия и Люксембург . . . . .	178 000 (1926 *)
Франция . . . . .	278 000 (1927 *)
Италия . . . . .	164 000 (1925 *)
	66 000 (1926 *)

На мировом рынке цены определяются английским и чешским К. Цена на англ. К. в США в последние годы колебалась следующим образом: кускового К. 13—21 долл., К. в горшке 45—50 долл. за кор. тонну (907 кг). Во Франции цены на англ. К. изменялись в пределах от 8—9 до 18—20 долл. за т. Чешский (отмученный) К. высшей марки расценивался в 1927 г. по 16—17 долл. за т франко-вагон станция отправления; на низшие сорта цены снижались до 5—8 долл.; 1 т нем. каолина (отмученного) стоила в 1927 г. 32—48 мар., в среднем 40—42 мар., сырого К. (не отмученного)—4—9 долл.

Главнейшие месторождения К. мирового значения расположены в Англии в Корнуэльсе и в примыкающих частях графства Девоншир. Месторождения тесно связаны с оловянорудными жилами, вдоль которых гранитная порода каолинизирована нацело. В Корнуэльсе различают «China slau», т. е. каолинизированную нацело породу, от «China stone» — полукаолинизированного гранита, служащего также предметом добычи. Английский К. используется преимущественно в фарфоровой, а лучшие сорта его — в бумажной промышленности. В Чехо-Словакии главнейшие месторождения расположены в районе Карлсбада, знаменитое Пельцкое месторождение, и в районе Пильзена. В этих районах наряду с первичными К. добываются и вторичные. Пельцкий К., в отличие от других, обладает значительной пластичностью и несмотря на сравнительно большое содержание окислов железа применяется в фарфоровом производстве, тогда как пильзенский К., мало пластичный, идет гл. обр. для бумажной и химич. промышленности. В Германии месторождения К. находятся гл. обр. в Саксонии, Баварии, Тюрингии и в области Рейна. К. большинства герм. месторождений — малопластичный, содержит относительно много окислов железа (1—2%) и для тонкой керамики он мало пригоден. Наибольшее количество К. добывается в Баварии, в окрестностях Амберга. В США известны месторождения К. только среднего качества. Особой славой пользуется К. из южн. Каролины «Quixie slau», применяемый специально в резиновой промышленности.

СССР обладает многочисленными залежами К., расположенными гл. обр. в УССР и в Сибирском крае — в Иркутском и Красноярском округах. Добыча К., сосредоточенная преимущественно в УССР, быстро увеличивается с прекращением ввоза заграничного К. со времени войны 1914—18 гг. и достигла в УССР в 1927/28 г. по данным Геологического комитета 78 737 т (табл. 2).

Табл. 2.—Добыча К. в УССР по данным Геологического комитета.

Наименование К.	Г о д ы				
	1913	1924/25	1925/26	1928/27	1927/28
Отмученный . . . . .	27 225	23 759	45 230	42 003	63 855
В том числе:					
Глуховский . . . . .	14 169	12 170	19 261	16 889	34 270
Турбовский . . . . .	917	—	6 748	8 993	12 998
Лозовиковский . . . . .	4 423	4 606	9 321	5 612	—
Райковский . . . . .	3 096	5 406	6 337	7 494	—
Отложной . . . . .	7 978	49 729	93 642	9 653	14 882
В том числе:					
Волновашский . . . . .	—	31 240	62 467	1 664	12 782
Всего . . . . .	35 203	72 488	138 932	51 656	78 737

Падение добычи в 1926/27 г. объясняется общим переизобилием К. за 1925/26 г., а также непостоянством состава отложного К., добыча к-рого была сокращена на 90%. В настоящее время как бумажная, так и фарфоро-фаянсовая промышленности СССР снабжаются гл. образом отмученным К. Вывоз К. из СССР начался с 1925/26 г., гл. обр. в Польшу и отчасти в Германию, Италию и другие страны. Он составил в 1926/27 г.—2 088 т и в 1927/28 г.—5 897 т. Потребление К. в т в отдельных отраслях нашей промышленности выражается в следующих цифрах:

	1924/25 г.	1925/26 г.	1926/27 г.
Фарфоро-фаянсовая . . . . .	17 360	22 700	29 134
Бумажная . . . . .	21 700	26 200	26 291
Прочие . . . . .	3 300	3 930	3 284
Всего . . . . .	42 360	52 830	58 719

Отпускные цены за т в 1927/28 г. были: на отложной К.—для сорта «экстра» 21 р., для I сорта 13 р., для II сорта (капельного) 5 р. 49 к. и на отмученный для I сорта 28 р., для II сорта 21 р. франко-вагон станции отправления.

Наиболее крупными разведенными месторождениями первичного каолина считаются Глуховское в Бердичевском округе, Белая Балка в Мариупольском округе, около ст. Волноваха, и Проснянское в Запорожском округе, у ст. Проснян (последнее пока не разрабатывается). Запасы первого месторождения исчисляются в 8 570 000 т, второго—в 13 176 000 т, в районе третьего разведано до конца 1928/29 г. свыше 8 000 000 т. Среднее содержание кварца в сыром глуховском К. составляет 65%, в К. Белой Балки—55% и проснянском—около 60%; особенно высокими качествами отличается К. Белой Балки и проснянский. Все три К. пригодны гл. обр. для фарфоро-фаянсовой промышленности, последние два также для шпестобумажной. Прочие месторождения менее обеспечены запасами. При этом Лозовиковское месторождение вследствие большого непостоянства состава и физич. свойств К., а Райковское—вследствие плохой осадкаемости К. при отмучивании, а также отдаленности разработок от ж. д. должны быть поставлены во вторую группу по значению в промышленности. Турбовский К. пригоден преимущественно для резиновой, асбестовой, бумажной и основной химич. промышленности (запасы его весьма огра-

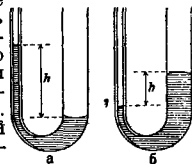
ничены), райковский—для бумажной, лозовиковский—для бумажной и ультрамариновой, киянский—для фарфоровой. Отличительной чертой турбовского каолина является также его плохая осадкаемость и отстаивание после отмучивания. Из вторичных месторождений заслуживают внимания крупные месторождения высококачественного (экспортного) каолина, находящиеся в районах ст. Волноваха (Мариупольский округ) и ст. Пологи (Запорожский окр.). В анамнитом Глуховском месторождении первые сорта высокопластичной каолиновой глины, маложелезистой и наиболее ценной, уже почти выработаны. Красноярские и иркутские К. обращают на себя внимание белозистой черепя, получаемого после обжига, причем К. вновь открытых месторождений в Красноярском округе пригодны для фарфорового производства без прибавления полевого шпата и кварца.

Лит.: З е м л я ч е с к и й П. А., Каолиновые образования южной России, «Труды СПБ общества естествоиспытателей», Петербург, 1896, т. 21, вып. 2; Г и н з б у р г И. И., Каолин и его генезис, СПБ, 1912; его же, Пеликаниты и каолины Юго-Запада и Юга России, «Изв. Политехнич. ин-та», СПБ, 1914; «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР» за 1925/26 г., Л., 1927, стр. 129, за 1926/27 г., Л., 1928, стр. 465; «ИЗ», 1927, т. 2, стр. 1; З у ч е н к и й В. И., Каолины Украины, «Труды Ин-та прикладной минералогии», М., 1928, вып. 41; Ю р г а н о в В. В., Керамич. промышленность России, Л., 1922; «Вестник Украинского вѣдѣния Геологического комитета», Харків, 1926, вып. 9; D a m e r B. u. T i t z e O., Die nutzbarsten Mineralien mit Ausnahme der Erze, Kalksalze, Kohlen und des Petroleum, B. 2, p. 414—417, Stuttgart, 1928. Ш. Шихова.

**КАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ**, в собственном смысле слова, явления, состоящие в том, что например в сообщающихся сосудах, один из к-рых состоит из узкой (капиллярной) трубки, жидкость устанавливается в равновесии не на одинаковой высоте. При этом жидкость, смачивающая внутренние стенки трубки (в случае стекла—вода), устанавливается в капилляре выше, чем в сообщающемся с ним широком сосуде (фиг. 1, а). Не смачивающая же жидкость, напр. ртуть (фиг. 1, б), стоит в узкой трубке ниже этого нормального уровня и обнаруживает т. н. депрессию (см. Барометр). Всаживание жидкостей пористыми телами (куски сахара, кирпич, почва) также относится к капиллярным явлениям и имеет большое прикладное значение, в особенности для почвоведения (см.).

Все К. я. обусловлены силами межмолекулярного сцепления, действующими как между частицами жидкости, так и между частицами твердой стенки и соседними частицами жидкости.

Основными величинами при изучении К. я. служат: внутреннее давление К (молекулярное давление на плоской поверхности жидкости, см. Жидкости), поверхностное



Фиг. 1.



натяжение  $\sigma$ , определяемое как работа образования единицы ( $1 \text{ см}^2$ ) новой поверхности раздела, и краевой угол  $\theta$ —угол, образуемый жидкой поверхностью с пересекающей ее твердой стенкой. Краевой угол дает возможность измерять  $\sigma$  с а ч и в а е м о с т ь твердой стенки; за меру ее удобно принять величину  $V = \cos \theta$ . Поверхностное натяжение  $\sigma$  является той избыточной свободной энергией, к-рой слой жидкости вблизи поверхности раздела обладает по сравнению с ее внутренними частями. Поэтому поверхность жидкости  $S$  самопроизвольно уменьшается (это связано с уменьшением свободной энергии)  $\psi = \sigma \cdot S$  всей поверхности (жидкости) и принимает под действием одних только междумолекулярных сил форму шара, отвечающую при данном объеме наименьшей поверхности жидкости; другой возможный самопроизвольный процесс, связанный с понижением свободной поверхностной энергии жидкости, состоит в скоплении у поверхности раздела таких веществ из окружающей среды (например растворенных ранее в самой жидкости), которые своим присутствием в поверхностном слое понижают  $\sigma$ . Гиббс термодинамически показал, что скопление, т. е. адсорбция (см.), таких «поверхностноактивных» веществ у любой поверхности раздела необходимо связано с понижением свободной поверхностной энергии этой поверхности, что количественно выражается ур-ем

вида:  $\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial c}$ , здесь  $\Gamma$ —адсорбция в моль/см<sup>2</sup>,  $c$ —концентрация в растворе, а  $-\frac{\partial \sigma}{\partial c}$ —поверхностная активность,

мера способности вещества понижать поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение убывает с  $t^\circ$  для чистых жидкостей почти линейно, обращаясь в 0 в критич. точке сменения обеих фаз, образующих поверхность раздела. Поверхностное натяжение адсорбционных слоев (в случае растворов поверхностноактивных веществ) убывает с  $t^\circ$  не линейно, а по резко изогнутым кривым, иногда же может и возрастать с  $t^\circ$  в нек-ром интервале (Рейбиндер), т. к. адсорбция, снижающая поверхностное натяжение, сама всегда убывает с  $t^\circ$ . Этим объясняется и неизменяемость с  $t^\circ$  полной поверхностной энергии

$E = \sigma - T \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial T}$  чистых жидкостей и резкое изменение этой величины  $E$  для растворов с адсорбционными слоями.

Капиллярные свойства ( $\sigma$ ) зависят от электризации поверхности, в особенности когда это связано с изменением концентрации ионов вблизи поверхности, изменяющих  $\sigma$  по уравнению Гиббса. Такие явления, наблюдаемые обычно на ртутном менiske в растворах электролитов, называются электрокапиллярными явлениями и изучались Липманом, Гуи, Фрумкин и др.

Теория капиллярности исходит из представления о силах, действующих между молекулами лишь на чрезвычайно малых расстояниях  $r$ ; с увеличением  $r$  эти силы быстро убывают, практически обращаясь в 0 при расстояниях  $r \geq \delta$ , где  $\delta$ —т. н. радиус сферы молекулярных взаимодействий. Легко показать, что  $\delta$  является одновременно и тол-

щиной поверхностного слоя, т. е. того слоя у поверхности жидкости, молекулы к-рого, втягиваясь внутрь лежащей под ним жидкостью, обуславливают внутреннее давление. Поверхностное натяжение  $\sigma$  и есть работа извлечения из внутренних частей жидкости в поверхностный слой  $n$  числа молекул, необходимого для образования нового  $1 \text{ см}^2$  поверхности (см. Жидкости). Экспериментальные данные последнего времени показывают с очевидностью, что толщина поверхностного слоя, а следовательно и радиус сферы действия, совпадает с diam. молекулы (обычно порядка  $5 \times 10^{-8} \text{ см}$ ); отсюда следует, что поверхностные слои обычно мономолекулярны и что только ближайшие соседние молекулы обитывают с ней заметное взаимодействие. Первый основной закон теории капиллярности (1-й закон Лапласа) состоит в том, что в общем случае искривленной поверхности жидкости полное внутреннее давление  $p$  отличается от молекулярного давления на плоской поверхности  $K$  на

$$p = K + \Pi = K + \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (1)$$

Здесь  $R_1$  и  $R_2$ —радиусы главной кривизны в данном месте поверхности, считающиеся положительными, когда они направлены внутрь жидкой массы. И так, поверхностное натяжение эквивалентно некоторому добавочному внутреннему давлению  $\sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \Pi$ , называемому капиллярным давлением. Из (1) получаем уравнение свободной поверхности жидкости, не подверженной действию внешних сил:  $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \text{Const}$ . Эта поверхность будет поверхностью постоянной средней кривизны (минимальной поверхностью). Поверхность шара как раз и является такой замкнутой поверхностью. В случае шара  $\Pi = \frac{2\sigma}{R}$ . Уравнение (1) позволяет объяснить большое число разнообразных явлений. Так, внутри малого сферич. пузырька, находящегося в равновесии внутри жидкости, давление д. б. на  $\Pi = \frac{2\sigma}{R}$  больше, чем давление атмосферы над плоской поверхностью жидкости на том же уровне. При весьма малых пузырьках с радиусом  $R \leq 1 \mu$  это избыточное давление делается весьма значительным (см. таблицу).

Избыточное капиллярное давление внутри пузырька, образовавшегося в воде (при  $t^\circ = 20^\circ$ ,  $\sigma = 72,8 \text{ эрг/см}^2$ ).

$R$	$\pi$ в Дин/см <sup>2</sup>	$\pi$ в atm
1 см . . . . .	146	$\sim 1,10^{-4}$
1 мм . . . . .	1 460	$\sim 1,10^{-3}$
0,1 мм . . . . .	14 600	$\sim 1,10^{-2}$
1 $\mu$ . . . . .	1 460 000	$\sim 1,5$
0,1 $\mu$ . . . . .	14 600 000	$\sim 15$

На этом явлении основана капиллярная теория перегреваия жидкостей Дюгема (и вообще капиллярная теория задержек при появлении новой фазы и метастабильных состояний). По той же причине давление насыщенного пара над поверхностью малых капелек больше, чем над плоской поверх-

ностью, как это показал термодинамически Кельвин. Давление внутри выдутого мыльного пузыря на  $2H = \frac{4\sigma}{R}$  больше, чем снаружи. Чтобы выдуть пузырек воздуха из капиллярного отверстия на глубине  $H$  см под поверхностью жидкости плотности  $D$ , надо преодолеть кроме гидростатического давления  $H \cdot D \cdot g$  еще и избыточное капиллярное  $H = \frac{2\sigma}{r}$ ; т. е. наибольшее давление образования пузыря будет (по Кантору)  $p = \frac{2\sigma}{r} + H \cdot D \cdot g$ , где  $r$ —наименьшее значение радиуса  $R$  пузырька во время его образования, равное радиусу отверстия. Измеряя  $p$  манометрически и зная  $r$ , легко найти  $\sigma$ . Внутреннее давление на поверхности мениска в узкой трубке (радиуса  $r$ ), вполне смачиваемой

жидкостью, на  $\frac{2\sigma}{r}$  меньше ( $r$  отрицательно, т. е. мениск, принятый полусферическим, вогнут), чем на плоской поверхности жидкости в широком сообщающемся сосуде. Поэтому для равновесия жидкость должна стоять в капилляре настолько выше (II), чтобы гидростат. давление избыточного столба  $H \cdot D \cdot g$  уравновесивало  $H$ , следовательно чтобы  $H + H \cdot D \cdot g = 0$  или, так как  $H = -\frac{2\sigma}{r}$ ,

$$\sigma = \frac{D \cdot g \cdot r}{2} \cdot H; \quad H = \frac{2\sigma}{g \cdot D \cdot r} \quad (2)$$

Это — закон поднятия жидкости во вполне смачиваемом ею капилляре, позволяющий определить поверхностное натяжение жидкости  $\sigma$  по высоте поднятия  $H$  в капилляре данного радиуса  $r$ . Из ур-ния (2) видно, что  $H$  обратно пропорционально  $r$ , т. е. что произведение  $Hr$  есть величина для разных капилляров постоянная, зависящая только от свойств жидкости и называемая капиллярной постоянной:

$$a^2 = Hr; \quad a^2 = \frac{2\sigma}{D \cdot g} \quad (3)$$

$a^2$  имеет размерность площади и измеряется в мм<sup>2</sup> или в см<sup>2</sup>, тогда как  $\sigma$  имеет размерность эрг/см<sup>2</sup>. Для жидкости, не вполне смачивающей капилляр, вместо (2) имеем:

$$\sigma = \frac{D \cdot g \cdot r}{2} \cdot \frac{H}{\cos \theta} \quad (4)$$

Ниже приведены значения  $\sigma$  в эрг/см<sup>2</sup> для некоторых жидкостей на разных поверхностях раздела при  $\theta = 20^\circ$  ( $\sigma$  убывает с ростом взаимной растворимости обеих фаз):

Вода (H <sub>2</sub> O)—воздух	72,75 ± 0,05
Ртуть (Hg)—воздух	480
Этиловый спирт (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)—воздух	26,0
Этиловый эфир (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O)—воздух	16,5
Вода—бензол (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	33,0
Вода—анилин (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> )	8,0
Вода—изобутилов. спирт (i-C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH)	1,8
Вода—этиловый спирт	0

Когда поверхность жидкости не свободна, а окаймлена, т. е. пересекается твердой стенкой, к первому закону надо добавить т. наз. второй закон теории капиллярности:

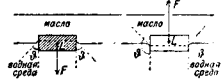
$$\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3} = \sigma_{1,2} \cdot \cos \theta \quad (5)$$

Это условие определяет краевой угол  $\theta$  или смачиваемость  $V = \cos \theta$  через три поверхностных натяжения (фиг. 2):  $\sigma_{1,3}$ —на границе стенка 3—нижняя жидкость 1;  $\sigma_{2,3}$ —на границе стенка 3—верхняя жидкость или воздух 2;  $\sigma_{1,2}$ —на границе раздела двух жидкостей 1—2 (или на границе жидкость 1—

воздух 2). Т. о. ур-ие (5) применимо и к общему случаю двух наслоненных друг на друга жидкостей, поверхность раздела к-рых пересекается твердой стенкой. Из ур-ия (5) следует, что на твердое тело, напр. цилиндр с вертикальной боковой поверхностью, помещенное в поверхностном слое, действует, вообще говоря, кроме обычных сил тяжести и гидростатических сил, еще и сила смачивания (так называемая флотационная сила):

$$F = L \cdot \sigma \cdot \cos \theta \quad (6)$$

где  $L$ —периметр сечения твердой стенки жидкой поверхностью раздела. Когда  $V > 0$ , в случае лучшего смачивания стенки нижней жидкостью 1—водой (гидрофильная стенка), добавочная сила  $F < 0$  и направлена вниз; когда же  $V < 0$  (стенка гидрофобна, т. е.



Фиг. 3.

лучше смачивается жидкостью 2), сила  $F < 0$  и направлена вверх (фиг. 3) и при достаточном малых размерах твердого кусочка (когда  $L$  велико сравнительно с объемом  $v$  кусочка) превышает силу тяжести даже при значительных плотностях твердого материала. Условие флотации будет (по Ребиндере):  $F + P \leq 0$ :

$\left| \frac{F}{P} \right| = k \frac{L}{v} \cdot \sigma |V| > 1$ ; здесь  $P$ —сила тяжести, действующая на твердую крупинку,  $k$  зависит от плотности твердого тела и обеих жидкостей. Этим объясняется «плавание» на поверхности жидкости тяжелых, несмачиваемых ею твердых телец (напр. иголки на воде) (см. Флотация), в противоположность требованиям обычной гидростатики, полагающей  $V = 0$ ,  $\theta = 90^\circ$ , т. е. не учитывающей межмолекулярных сил (силы  $F$ ).

Флотация из всех К. я. нашла наиболее широкое применение в технике для обогащения металлич. руд. Крупинки размолотой металлич. руды, лучше смачиваемые маслом, при взбалтывании с водой и несколькими каплями масла или аналогичного реагента остаются в поверхностном слое, тогда как землистая пустая порода, лучше смачиваемая водой, хотя и более легкая, целиком оседает на дно; для перемешивания продувается воздух, причем образующаяся пена уносит на своей поверхности все крупинки руды.

Законы капиллярности применяются также и к исследованию условий образования и формы капель. Вес отрывающейся капли прямо пропорционален поверхностному натяжению ее:  $P = k \cdot \sigma$  ( $k$  зависит от радиуса шейки капли и от условий смачивания ею кончика). Получая из пипетки один и тот же вес жидкости, можно приближенно считать, что число капель обратно пропорционально поверхностному натяжению; на этом основано измерение  $\sigma$  по счету капель в сталламометре Траубе.

Капиллярный анализ состоит в том, что в раствор смеси, напр. нескольких красок, погружают полоску фильтровальной бумаги. Различные компоненты раствора поднимаются по полоске на разную высоту; разрезая полоску на зоны, можно изолиро-

вать и изучить каждый компонент в отдельности. Измерения поверхностного натяжения все чаще применяются в технике, особенно для определения присутствия сильно поверхностноактивных веществ (сивушные масла и др.). См. *Поверхностное натяжение, Эмульсии, Стачивание*.

*Лит.:* Д а в и д о в А., Теория капиллярных явлений, 2 ч., Москва, 1914; В о ф ф А., Введение по молекулярной физике, 2 изд., П., 1923; Р е б и н д е р Н. А., Научные основы флотационных процессов, «Научное слово», Москва, 1921, I; его же, Свойства и строение поверхностных слоев в растворах, сборн. «Молекулы, силы и их электрич. природа», под ред. В. В. Ильина, гл. 4, М., 1928; Ф р у м к и н А. Н., Электронкапиллярные явления, Одесса, 1919; L a p l a c e P. S., Traité de mécanique céleste, t. 4—Suppl. au livre I, Paris, 1806; G a u s s C. F., Allg. Grundlagen und Theorien d. Gestalt v. Flüssigkeiten in Zustand d. Gleichgewichts, «Ostwald's Klassiker d. exakten Wissenschaften», Lpz., 1903, 336; G i b b s J. W., Thermodynamische Studien, Leipzig, 1892; M a t h i e u E., Théorie de la capillarité, P., 1883; P l a t e a u J., Statique exper. et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires, vol. 2, P., 1873; D u h e m P., Application de la thermodynamique aux phénomènes capillaires, «Ann. de l'École normale», Paris, 1885, p. 207; M i n k o w s k i H., Kapillarität, Enzykl. d. math. Wissenschaften, B. 5—Physik, T. 1, H. 4, p. 558, Lpz.—B., 1907; P o i s s o n S. D., Nouvelle théorie de l'action capillaire, P., 1834; V a n d e r W a a l s J., Continuité des gazes dans l'état fluide, P., 1893; V a n d e r W a a l s J., 'Thermodynamique de la capillarité', «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1894, B. 13, p. 657; V a n d e r W a a l s und K o n i n s t a m m, Lehrbuch d. Thermodynamik, B. 1, § 67—68, Lpz.—Amsterdam, 1908; B a k k e r G., Kapillarität, Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. Wien u. Fr. Harms, B. 7, Lpz., 1928; F r e u n d l i c h H., Kapillarchemie, 3 Aufl., Lpz., 1923; P o i n c a r é H., Leçons sur la capillarité, P., 1895; R e d e r A. E. K., Surface Chemistry, L., 1926; D u p r é, Théorie mécanique de la chaleur, P., 1869; W e b e r R. u. G a n s R., Repertorium d. Physik, B. 1, T. 2, p. 1—123, Lpz.—B., 1916; N e u m a n n F., Vorlesungen über d. Theorie d. Kapillarität, Lpz., 1894; G o n y G., Théorie thermodynamique de la capillarité et de l'électrocapillarité, «Journal de physique», Paris, 1901, série 3, t. 10, p. 245; L a n g m u r J. R., «Journal of the Amer. Chem. Soc.», Washington, 1917, v. 39, p. 1848—1906; F r u m k i n A., «Ztschr. f. physikalische Chemie», Lpz., 1922, B. 93, p. 55, 1924, B. 109, p. 34, 1924, B. 111, p. 190, 1925, B. 116, p. 485, 1926, B. 123, p. 324; F r u m k i n A., «Ztschr. f. Physik», B., 1926, p. 792; «Ergebnisse d. exakten Naturwissenschaften», B., 1928, B. 7, p. 235; R e h b i n d e r P., «Ztschr. f. physikalische Chemie», Lpz., 1924, B. 111, p. 447, 1926, B. 121, p. 103, 1927, B. 129, p. 163, 1929, B. 142, p. 232; V e b i n d e r P., «Physik. Ztschr.», Leipzig, 1926, p. 825; S e m e n s c h e n o w W., «Zeitschrift für physikalische Chemie», Leipzig, 1927, B. 129, p. 178. П. Ребиндер.

**КАПСЕЛИ**, круглые, овальные или прямоугольные корпуса с дном или без дна, изготовляемые из огнеупорного, обычно шамотного материала. В К. обжигаются глазурированные керамич. изделия, к-рые д. б. защищены от непосредственного соприкосновения с раскаленными газами, несущими золу и пепел, или к-рые вследствие своей формы и малой прочности не м. б. размещены в печном пространстве без защитных подставок и ограждений. Производство К. является вспомогательным при изготовлении фарфоровых и фаянсовых изделий, метлахских плиток, млифовальных кругов и др. Для обеспечения устойчивости при работе К. должны обладать: 1) возможно большей теплопроводностью, 2) высокой термич. стойкостью, поскольку они подвергаются в процессе обжига резкому переходу от нагревания к охлаждению, и 3) способностью не размягчаться при  $t^{\circ}$  обжига изделий.

Для изготовления К. применяются высокоортные огнеупорные глины, образующие

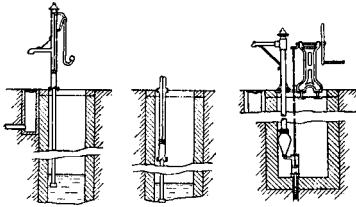
плотный череп, трудно размягчающийся при высоких  $t^{\circ}$ , и шамот в виде капсельного боя или специально для этого обожженной глины. Для приготовления К., применяемых в фарфоровом производстве, где им наряду с высокими  $t^{\circ}$  (1380—1400 $^{\circ}$ ) приходится выдерживать значительный вес изделий, у нас применяется «латинская» огнеупорная глина. Соотношение между количествами сырой глины и шамота колеблется в зависимости от пластичности, спекаемости и других свойств глины в весьма широких пределах, от 2 до 3:2. Рациональный подбор сырья и соотношения между шамотом и сырой глиной должны обеспечить возможную близость коэф-тов расширения зерен шамота и соединяющей их пластической связки. Для небольших К. обычно употребляют зерна 2—3 мм, для К. большого размера—до 5 мм; толщина стенок К. 10—25 мм. В последнее время за границей и у нас все чаще применяют способ приготовления капсельной массы путем сухого смешения тщательно перемешанной порошкообразной смеси шамота определенной крупности зерен с предварительно высушенной глиной. Для придания массе лучшей однородности и пластичности, для уменьшения брака при сушке и обжиге К. является очень полезным вылеживание ее в течение нескольких дней. Кроме ручного способа К. весом около 80 кг и величиной до 600 × 600 × 540 мм изготовляются на фрикционных и других прессах; производительность механических прессов при расходе мощности от 4 HP—600 штук в смену.

Обжиг К. производится в верхних этажах круглых печей периодич. действия при 800—900 $^{\circ}$ . Срок службы К. в этакных печах для фарфора—до 12 обжигов; для фаянса, при печах с обратным пламенем, стойкость их еще выше. Добавка карборунда, алунда и других высокооупорных материалов существенно повышает срок службы К. Согласно данным работы фарфоровых заводов на 1 кг хозяйственного фарфора приходится до 6 кг капсельной массы. Внешний объем капсельной насадки в печи в случае обжига того же вида фарфоровых изделий составляет 50—70% рабочего пространства 1-го этажа круглого горна, в зависимости от величины последнего и крупности изделий. Полезный объем К., который используется для размещения тонкостенных фарфоровых изделий, составляет ок. 30% рабочего пространства горна.

*Лит.:* Т у м а н о в С., «Вестник силикатной промышленности», М., 1924, 3/4, стр. 31—36; Б е з о р о д о в М. А., «Керамика и стекло», Москва, 1925, 3/4, стр. 98—105; S e a r l e A. V., Refractory Materials, Their Manufacture and Use, p. 442—462, London, 1924; R e d e r H., Lehrbuch d. Keramik, p. 174, 175, W.—Lpz., 1923; B i s c h o f C., Die Herstellung d. feuerfesten Baustoffe, p. 217—222, B., 1923; L i t i n s k y L., Schamotte und Silika, ihre Eigenschaften, Verwendung u. Prüfung, Lpz., 1925. А. Фоберг.

**КАПТАЖ ВОДЫ**, обделка поверхностей из коренных пород на дневную поверхность ключей или же подземных водных источников, производимая для целей водоснабжения и искусственного орошения. Каптаж почвенных вод производится колодцами, стены которых углубляют в грунт на 0,5—1 м ниже низкого горизонта грунтовых или почвенных вод. Стенки колодца делают из дерева, кирпича, камня, бетона и котельного железа.

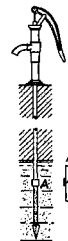
При горизонте воды не ниже 7 м от поверхности земли колодец м. б. снабжен ручным насосом, расположенным под землей (фиг. 1). При глубоком залегании грунтовых вод применяется устройство колодца, в котором



Фиг. 1.

Фиг. 2.

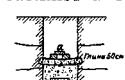
вода забирается из специального трубчатого (бурового) колодца насосом, поставленным на дне шахты над сваежкой (фиг. 2).



Фиг. 3.

При высоком стоянии горизонта грунтовых вод пользуются нортонским, или абиссинским, колодезем (фиг. 3). Каптаж почвенных вод производится также при помощи дренажных устройств; так например, в Вюртемберге для целей водоснабжения часто применяется устройство, показанное на фиг. 4, при к-ром сборная труба уложена на рву и окружена сухой каменной кладкой, предохраняющей ее от повреждения; сверху уложены слои промытого камня, гравия, песка, предохранительный слой мягкой с песком глины и сверху досыпка местной земли. В Баварии в этих же целях применяется устройство, показанное на фиг. 5, при котором внизу широкого рва расположен сборный канал из сухой кладки, прикрытый дренующим слоем гравия; сверху гравия помещается выгнутый вниз слой глины, а на ней сборный канал *a* для отвода поверхностной воды.

Каптаж ключей производится путем устройства в месте выхода ключа на поверхность каптажной камеры, предохраняющей воду от загрязнения и собирающей некоторый запас ключевой воды. Вход в камеру в восходящих ключах осуществляется через дно камеры или колодца, к-рым является ничем не прикрытая горная порода. В нисходящих ключах для входа ключевой воды оставляют в задней или боковой стенке камеры отверстия; к стенке примыкает галерея для сбора воды или непосредственно водоносная порода. Из каптажной камеры выводят выпускную трубу, забирающую воду для целей потребления, и сливную трубу для отвода излишней воды.



Фиг. 5.

Восходящие ключи перед каптажем расширяют от наносов и дресвы до основной

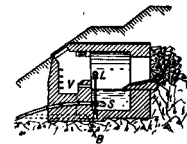
породы, по к-рой пробивается главная жила ключа; над ним ставят каптажный колодец без дна; в скале жила остается открытой, а в мелком песке дно покрывают слоем камня. Примером каптажа восходящих ключей является обделка выхода ключа Армандьер (Париж). На месте выхода ключа устроен круглый каптажный бассейн (фиг. 6) диаметром в 10 м, перекрытый плоским сводом, к-рый обсыпан сверху землей; вход в бассейн устроен сбоку; внутри камеры имеется галерея; бассейн снабжен спускной трубой, сливная же труба отсутствует.



Фиг. 6.

Нисходящие ключи при каптировании отодвигаются вверх к истоку ключа. Для основания камеры выбирается водонепроницаемый слой. Каптажная камера (фиг. 7)

устанавливается из камня на цементном растворе, покрывается сводом, и обсыпается землей. Для входа в нее устраивают наклонный люк. Оборудование камеры состоит из заборной трубы *S*, сливной трубы с водосливом *V* и спускной трубы *B* с клапаном *L*. Вода из ключа поступает через отверстие в стенке с нагорной стороны.



Фиг. 7.

Каптаж грунтовых вод производится горизонтальными водосборными галереями, состоящими из труб или каналов с отверстиями для приема воды, уложенных с небольшим уклоном в водоносный слой. Такие галереи устраиваются при неоднородном строении грунта, небольшой мощности водоносного слоя и расположении его неглубоко от поверхности (до 10 м), чтобы избежать большого числа водосборных колодцев. Общие схемы водосборных сооружений показаны на фиг. 8. Выбор схемы зависит от местных условий, однако схема *a* со сборным колодезем в середине сборной галереи является обычно более экономной, т. к. поперечные сечения водосборов и их глубина залежания получаются меньшего размера и при эксплуатации возможно выключение на время ремонта той или иной половины системы. В целях водоснабжения в настоящее время водосборные галереи применяются редко, но они имеют широкое развитие в целях орошения в Ср. Азии, на Кавказе, в Персии, Китае и Афганистане.

На фиг. 9 показан кязиз (водопровод) со следующими отдельными элементами: *АБ*—водопроводная галерея, *ББ*—водосборная галерея, *ЛЕ*—водосборный колодец, *ДА*—водоотводная канава, *Ж*—вентиляционные колоды (служат сообщением с кязизом для работы при постройке и эксплуатации). Рас-

Фиг. 8: A diagram showing two cross-sections of water collection systems. Section 'a' shows a collection chamber with a central well and a siphon. Section 'b' shows a collection chamber with a side well and a siphon. Labels include 'Сборная галерея', 'Сборный колодец', 'Сифон', 'Оборудованная галерея', and 'См. кол.'

Фиг. 8.

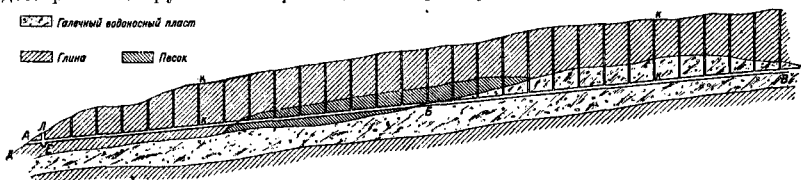
Фиг. 9: A diagram of a kiaziz system showing a network of underground pipes and collection points. Labels include 'Сборная галерея', 'Сборный колодец', 'Сифон', 'Оборудованная галерея', and 'См. кол.'

ход кириза составляет обычно 30—50 л/сек и редко достигает 100 л/сек.

Каптаж грунтовых вод вертикальными водосборными сооружениями производится

Галечный водоносный пласт

Глина Песок



Фиг. 9.

при глубоких залеганиях водоносного слоя и большой его мощности и водоносности несколькими буровыми колодцами, а при небольшой глубине—при помощи нескольких шахтных колодцев. Расположение водосборных сооружений при устройстве шахтных колодцев



Фиг. 10.

показано на фиг. 10, а схема расположения буровых колодцев—на фиг. 11.

Необходимо также указать на каптаж грунтовых вод при помощи калифорнийских колодцев, широко применяемых в Калифорнии и в Аризоне для понижения горизонтов грунтовых вод и в качестве источников оросительной воды. Эти колодцы закладывают на той глубине, на к-рой имеется достаточно мощный водонепроницаемый слой. Путем механич. откачки воды из колодца происходит вертикальное продвижение грунтовой воды, расположенной в толще поверхностной земли, в этот колодец.

Каптаж артезианских вод для водоснабжения находит широкое применение у нас и за границей. Однако дорогостояща этого вида

Сб. кап.

Сб. кап.

Сб. кап.

Сб. кап.

Сб. кап.

Сб. кап.

Сб. кап.

Сб. кап.

Сб. кап.

Сб. кап.

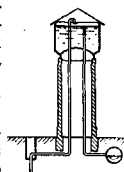
Фиг. 11.

К. в., обычное увеличение, по мере эксклюзации, жесткости воды, а также (в случае отсутствия гидрогеологич. карт) некая проблематичность результатов бурения представляют большие преимущества каптажу других вод.

Отдельные же промышленные и с.-х. предприятия и лечебные заведения с большой пользой применяют каптаж артезианских вод. Артезианские скважины д. б. при бурении прочно укреплены обсадными трубами в целях предохранения от обвалов грунта, утечки восходящей снизу воды в промежуточные водопроницаемые слои, а также проникания в скважину недоброкачественной воды. В стенках на нижнем конце артезиан-

ских колодцев в горных трещиноватых породах, валунах, гальке не делают отверстий; в других грунтах желательно устройство фильтров. Водосборные устройства при кап-

таже артезианской воды зависят от высоты напора ее (динамического горизонта). При подъеме артезианской воды без помощи насосов выше кромки бака водонапорной башни специальных устройств не требуется (фиг. 12). При подъеме воды на недостаточную для питания водопроводной сети высоту ее собирают самотеком в резервуар, расположенный на земле, а оттуда перекачивают в напорный бак или разводящую сеть (фиг. 13). Если артезианская вода не доходит до поверхности земли на высоту, меньшую глубины всасывания насосов, то в скважину опускается всасывающая труба обыкновенного насоса, к-рым вода подается в башню или в сеть. Если же артезианская вода в скважине не доходит до поверхности земли на высоту, превышающую всасывание насоса, устанавливают в шахту или скважину центробежный насос с вертикальной осью.



Фиг. 12.



Фиг. 13.

на высоту, превышающую всасывание насоса, устанавливают в шахту или скважину центробежный насос с вертикальной осью.

Лит.: Брилинг С. Р., Курс водоснабжения, М.—П., 1923; Вавилов Н. И. и Букинич Д. Д., Земледельческий Афганистан, Л., 1929; Дилс Е. и Шитт В., Сельскохозяйственная гидравлика, СПб, 1904; Костиков А. Н., Основы мелиорации, Москва, 1927; Люгер О., Водоснабжение городов, пер. с нем., ч. 4, СПб, 1898; Сурин А. А., Водоснабжение, Л., 1926; Цимбаденко Л. И., Киргизы (водопроводы) Закаспийской обл., СПб, 1896; Шаров И. И., Орошаемое хозяйство Закаспийской обл., Москва, 1923.

**КАПУТ МОРТУУМ**, Caput mortuum, минеральная краска темнофиолетового оттенка, получаемая сильным прокаливанием железного купороса. Темп-ра прокаливания и количество пропускаемого при этом воздуха оказывают большое влияние на тон краски; в зависимости от этого можно получить К. м. начиная от желтого, красного, коричневого до темнофиолетового тона, а иногда и черного, если нагрев был достаточно сильным и равномерным.

Продажная К. м. содержит примеси гипса и глины. К. м. в смеси с олифой дает очень прочную масляную краску, применяемую в художественной живописи и в малярном деле. При приемке К. м. обращают внимание на оттенок и разлом краски. Хорошие сорта К. м. должны содержать не менее 40% окиси железа; остальное—гипс и глина, но не мел. С вареной олифой К. м. должна хорошо сох-

нуть и давать прочный крошащийся слой. При испытании К. м. делают анализ на присутствие растворимых серноокислых солей; наличие их показывает, что краска непригодна для окраски железных частей. Точно так же необходимо испытывать К. м. на присутствие органич. красок пробой на растворение в спирте: окрашивание спирта укажет на присутствие органич. краски.

С. Михайлов.

Лит.: см. Краски минеральные.

**КАРАБУРЫ**, фашины в 8,5 м длины и до 2 м толщины, изготавливаемые из камыша, с заполнением внутри камнем. Фашины связывают камышевыми канатами и прикрепляют ко дну реки и к берегу кольями. Несколько рядов сложенных вместе К. образуют струнаправляющую дамбу. К. применяют в головных сооружениях туземных оросительных каналов в Туркменистане.

**КАРАГЕН**, караген, ирландский мох, продукт, добываемый из слоевища морских водорослей, относящихся к семейству Gigartinales. Поступающий на рынок караген получается из двух видов: *Chondrus crispus* L. Stackh. [= *Fucus crispus* L. = *Sphaerococcus crispus* C. Ag. = *Fucus (Chondrus) polymorphus* Lamour = *Chondrus incurvatus* Kütz.] и в меньшем количестве *Gigartina mamillosa* Good. et Woodw. (= *Fucus mamillosus* Good. et Woodw. = *Mastocarpus mamillosus* Kütz. = *Sphaerococcus mamillosus* C. Ag. = *Chondrus mamillosus* Grew.). К продукту К. бывают также подмешаны, но в меньшем количестве, красивые водоросли: *Geranium rubrum* Hoods. (= *Conferva rubra* Hoods.), *Gigartina acicularis* (Wulf) Lamour и др. и бурные водоросли: *Furcellaria fastigiata* Lamour (= *Fucus fastigiatus* Hoods.), *Stylophora rhizoides* C. Ag. и другие виды. Главную часть К. качественно и количественно составляет *Chondrus crispus* — хрящик курчавый. Он состоит из плоского листообразного слоевища величиной от 4 до 15 см, реже до 30 см, у основания столбообразного и заканчивающегося присасывающимся к скале кружочком.

До быча. Водоросли, доставляющие К., растут на скалах вдоль берегов всего Атлантич. океана как в Европе, так и в С. Америке; более ценный товар — североамериканский. Выловленные водоросли отбеливают на солнце, после отбелики тщательно вымывают в чанах и просушивают на солнце; отбелка К. производится также сернистой к-той.

Состав. Воздушносухой К. содержит (по Риду) 10—25% воды, 9,4% белковых веществ, 55,4% сахара и крахмалоподобных веществ — т. наз. флоридового крахмала, относящегося к амилорекстринам (настоящего крахмала в К. нет), 2,2% волокнистого вещества — целлюлозы и 14,2% золы. Согласно Фильду (1921 г.), состав К., по пересчету на безводное вещество, характеризуется следующими данными: 65% желатинового вещества, т. е. карагена, или карагина, растворимого в кипящей воде, 2÷3% азота, 0,7÷1,0% липоидов, 10—15% золы. По своим свойствам карагени близок к *n*-арабину. Химическое строение карагеновой слизи не установлено; считается, что карагени — сложный углевод, состоящий гл. образом из галактана, глюкозана и

фруктозана; важную особенность его составляет стойкость его против загнивания сравнительно с желатиной.

Свойства К. В сухом состоянии К. представляет собой хрящеватое, твердое, малопросвечивающее, ремневидное тело, состоящее из клубков целых растений, желтоватой до буроватой и местами беловатой окраски. К. обладает весьма слабым запахом и пресным вкусом. Продажный К. часто покрыт белым налетом — скелетом колоний мшанок (Вругозов).

В воде К. сильно набухает, размягчается, становится слизисто-скользящим и издает характерный морской запах. При кипячении 1 ч. К. с 20—30 ч. воды получается золь — слизистый коллоидный раствор, по охлаждению застывающий в студень. Содержащиеся в золе соли обуславливают способность раствора К. желатинироваться; если эти соли извлечены из К. тщательной промывкой его в пресной воде, то раствор такого К. при охлаждении уже не дает геля. С другой стороны, если раствор быстро нагретого необезвоженного К., промытого только морской водой, изготовлен 3—5-часовым кипячением в пресной воде, то образуется твердый гель при отношении К. к воде меньшим, чем 1 : 50. От добавки к растворам К. небольших количеств кислот, щелочей и некоторых солей желатинирующие свойства растворов легко разрушаются. Напротив, от добавки солей кальция твердость карагенового геля повышается. Растворы К. нечувствительны к таннину, в отличие от растворов агар-агара, осаждаемых таннином. Щелочные производные карагенина, именно натровые, растворимы в воде и поступают на рынок под фирменными названиями альгина, бландола, норгина; с солями тяжелых металлов (железо, серебро и другие) эти вещества при помощи двойного разложения дают соединения, уже нерастворимые.

Испытание К. состоит прежде всего в осмотре, к-рым устанавливается относительное содержание более ценного *Chondrus crispus* и присутствие иных водорослей и мшанковых налетов. Отбелка сернистой к-той, вообще понижаящая ценность товара и недопустимая при изготовлении медицинского К., узнается по отсутствию кислой реакции (на лакмус) слизи (1 ч. К. на 30 ч. воды); эта же слизь не должна окрашиваться иодом в синий цвет.

Применение. К. нашел себе применение в общей промышленности, в пищевой и фармацевтической. Во всех случаях исходным процессом является получение раствора К. Для изготовления слизи берут 5 ч. К. 70—90 ч. горячей, но не кипящей воды, добавляют 1—1,5 ч. соды, растворенной в горячей воде, и пропускают раствор через сито с широкими петлями; при повторении той же операции можно получить от 160 до 200 об. ч. вязкой слизи. Карагеновый гель получается кипячением примерно в течение 1 часа 5%-ного раствора растительной слизи в дистиллированной воде с обратным холодильником, новым нагреванием на паровой бане и фильтрацией через вату; подобным образом можно изготовить 1—2%-ную

вытяжку и упарить ее до застывания в виде геля. Для осветления растворов карагена их фильтруют. Особенно широко распространено применение К. в аппретурной технике; техническая ценность карагеновой слизи основана на легкости проникания ее в ткань, подлоте схватывания ею ткани (причем сохраняется мягкость материала), незначительности количества и необязательности сильного каландрирования ткани после аппретуры. Другая область применения К. — малярное дело. При загрузке по цементу полужидким мылом клеювую краску лучше накладывать на карагеновую слизь, чем на животный клей или на смеси их. Из К. делается также заменитель каучука: 450 ч. отфильтрованного карагенового геля нагревают со 150 ч. отмученного мела; сюда добавляют 30 ч. густого белого сиропа и 90 ч. глицерина; по добавлении краски в нагреваемую смесь последнюю прессуют в формах и в течение нескольких дней просушивают на воздухе; при производстве этого заменителя каучука должен соблюдаться определенный порядок введения составных частей. Хорошая связующая способность карагена дала основание Г. Риттеру предложить его, с подкислением минеральными кислотами, как составную часть каменноугольных и коксовых брикетов. Потребление К. как пищевого продукта значительно в приморских странах. Однако большое содержание в К. полисахарида делает эти пищевые продукты мало усвояемыми как человеческими, так и животными организмами. В фармации караген находит себе применение как питательная почва для культур микроорганизмов; в этом случае выгодным свойством К. является сравнительно высокая  $t^{\circ}_{пл}$  (около  $100^{\circ}$ ), несмотря на низкую  $t^{\circ}_{змет}$  (около  $40^{\circ}$ ) и неразжижаемость большинством культур, а неудобством является легкая отдача воды. Карагеновый клей изгоняют для разных целей, кипятя К. в растворе поташа.

В торговле различают три сорта К.: естественный, очищенный и отборный. Первые два сорта применяются только в технике, а третий — также и в медицине. К. поступает в продажу в виде порошка или лепешек, легко растворяющихся в воде. Из рынков К. наиболее важны: порт Слиго (Sligo) на западном берегу Ирландии, Ливерпуль в Англии, Гавр во Франции, Массачусетс (Плимут) в США. П. Флоренский.

**КАРАКУЛЬ.** а) **Н. натуральный**, — шкурки ягнят каракульской овцы, в возрасте нескольких дней от рождения (от 2 до 7), имеющие завиток, расположенный в форме б. или м. ярко выраженного рисунка. Шкурки нерожденных ягнят, не обладающие завитком, а имеющие муаровую волосяную поверхность, называются каракульчой. К. добывается на огромной площади в ю.-з. Азии. Чистокровное каракулеводство наиболее развито в Узбекской ССР и Персии.

В торговле К. различают: 1) по цвету волосяного покрова, 2) по роду завитка, 3) по размеру шкурки и 4) по сортам. По цвету волосяного покрова различают К. черный, серый, коричневый и переходный между серым и коричневым. По роду завитка различают упругость, блеск, размер и форму

завитка; по упругости завиток делится на крепкий, слабый и кольчатый; по блеску — на блестящий и матовый; по размеру завиток делится на крупный, средний и малый; по форме — на вальковатый, бобистый и плоский, кольчатый, расплетистый. По размеру различают шкурки крупные, средние, мелкие и недомерок, или «язугча».

Сортировка К. своеобразна. Прежде всего имеются отличия в сортировках К., черного и натурального, серого и коричневого. Черный К. сортируется на две основные группы — воротниковый и шапочный. Каждая из этих групп делится на следующие сорта. Воротниковый К.: 1) отборный однопарный — шкурки крупного размера, тонкомердровые, с блестящим крупным вальковатым завитком; вальки средн. размера, расположенные по всей площади шкурки в форме рисунка; 2) жакетный 1-й — шкурки со всеми качествами отборного, но меньшего размера, а более плотной мердрой (кожей); валек расположен не по всей площади, имеются отдельные бобовидные завитки; рисунок менее четкий, завиток блестящий, крепкий, крупный и среднего размера; 3) жакетный 2-й — шкурки крупного, среднего и мелкого размера, а еще более плотной мердрой, чем у жакетного 1-го; вальки расположены не по всей шкурке; бобовидные завитки присутствуют в заметном количестве; завиток крупный, слабый кольчатый или вальковатый; волос блестящий или матовый; 4) партоновый — шкурки крупного, среднего и мелкого размера; крупный, слабый расплетистый или крупный кольчатый завиток; волос блестящий или матовый. Шапочный К.: 5) кирпук — шкурки среднего размера, со всеми качествами отборного, но только с очень мелким вальком по всей площади; завиток крепкий, мелко вальковатый; волос блестящий; 6) флера — шкурки среднего и мелкого размера; завиток слабый, матовый, средний, вальковатый с неотчетливым рисунком; 7) фигурный — шкурки среднего и мелкого размера, с мелкокольчатым или плоским матовым завитком без рисунка.

В черном К. главную роль играет завиток. Лучшими и самыми ценными завитками являются вальковатые, т.-е. такие, в которых волосы сложены вальками; чем длиннее вальки, тем К. красивее. Следующим по ценности является бобовидный, или бобастый, завиток, представляющий собою вальковатый завиток, но более выпуклый и разбитый на отдельные участки. Кольчатый, или горшковидный, завиток понижает ценность К.; он получается тогда, когда отдельные косички волос завиваются спирально, образуя иногда на концах нечто в роде узелков, напоминающих горох. В цветном каракуле, сером и коричневом, завиток играет второстепенную роль, прежде же всего ценится окраска. Более ценные и красивые ценные шкурки обладают неравномерным распределением окраски по отдельным волосам.

В торговле известен еще особый сорт К. — каракуль-перерод, представляющий собою шкурки ягнят от овец породы «малыч» или других, скрещенных с каракульскими производителями. Каракуль-перерод имеет грубый, различной формы завиток.

По исследованиям Юдина оказалось, что средний диаметр шерстяного волокна в К. колеблется ок. 29,8 м; во всех шкурках имеется пух, %-ное содержание к-рого варьирует в пределах от 12 до 89%; более высокий % пуха свойств. более низким, дешевым сортам К.; каракульча свободна от пуха; в разных частях шкурки %-ное содержание пуха значительно меняется, причем оно понижается в лучших частях (в огулке и спине).

В продажу К. поступает в сыром или в выделанном и окрашенном виде. Сырой К. составляет значительную статью нашего экспорта. На внутренний рынок К. поступает или выделанный или выделанный и крашеный. Выделанный К., но без искусственной окраски, носит название «натурального К.». К нему относятся цветные сорта: серый и коричневый. Под названием «крашеный К.» идет черный К., подвергающийся обязательной окраске для углубления цвета и увеличения блеска волоса.

Производство К. состоит из следующих операций. Через несколько дней после рождения ягтенка (не позднее 7 дней) шкурка снимается пластом, т. е. путем прямого надреза от нижней челюсти по брюху до основания хвоста и надрезов по внутренней стороне лап. Затем она квасится в киселе из мансовой муки и сушится. Такой К. называется «сырым полуквашенным»; он поступает в продажу в кипах, содержащих в среднем 160 шкурок. Выделка К. производится в специальных мастерских или на ф-ках и состоит из отмочки, мездрения, квашения хлебными киселями, сушки, откатки в глухом барабане с несмолистыми опилками, протряхивания в решетчатом барабане и разбивки мездры (кожи) на скобах (тупых ножках). Существует более короткий способ выделки «в засалку». По этому способу полуквашенный сырой К. слегка увлажняют водой, мездрят и пускают без квашения прямо на откатку в барабан. Квашение влияет на характер завитка К.: одни сорта улучшаются в качестве и увеличиваются в размере, другие, наоборот, ухудшаются; также влияет и крашение.

Крашение К. производится только в один цвет—черный, причем рецептура его меняется в зависимости от того, красится ли черный или пестрый К. Рецептура для окраски черного от природы К. построена т. о., чтобы только нюансировать природный черный цвет, углубить его и сообщить блеск. Этим требованиям до сих пор удовлетворяет только один краситель—камеш. Им красят на медной и железной протраве в одной ванне, с последующим вызраванием на воздухе. При такой окраске мездра получается темно-голубого цвета, ценного в торговле и являющегося признаком хорошей окраски. Пестрый К. красится также камешем, но путем более длительного процесса, с предварительным протравлением и двухваным крашением, с промежуточным вызраванием. От крашеного каракуля требуется, чтобы его мездра была тягуча (имела потяжку), мягка, без жестких пятен; волос д. б. блестящий, черного цвета с голубым отливом, а окраска—прочна к свету, хранению и трению (см. *Меховое производство*).

К. употребляется на шапки, воротники, дамское манто, жакеты; в изделиях он всегда употребляется волосом наружу.

По данным ЦСУ за 1924/25 год, количество каракульских овец в Узбекистане равнялось 679 800 голов. До войны 1914—18 гг. оно равнялось 1 800 000 голов. Такое уменьшение стада объясняется вводом б. эмиром Бухарским и другими ставколадельцами из Бухары в Афганистан около 1 000 000 голов. Для Туркменистана последние сведения дают общую цифру каракульских овец в 740 000 голов. Иском Узбекской и Туркменской республик каракульские овцы разводятся еще в Казанской АССР—в примыкающей к Аральскому морю части Кара-Калпакской автономной области. По данным обследования 1927 года, количество каракульских овец в Кара-Калпакии определяется в 240 000 чистых и 180 000 метисов. Некоторое количество каракуля добывается также на юге СССР—в Крыму, Полтавском и Харьковском округах, в Поволжье и ряде других районов К., добываемый в Крыму, носит в торговле название крымского К.; получаемый из остальных районов Европ. ч. СССР—смущенный. Общее количество смущенных овец в наст. время исчисляется в 800 000 голов. Добыча К. и смущения (в шт.) выражается след. цифрами:

Вид каракуля	Годы	
	1913	1927/28
Туркменский . . . . .	2 000 000	1 700 000*1
Узбекский . . . . .		
Кара-Калпакский . . . . .	—	600 000*2
Смущенная . . . . .		

\*1 Из них гос. сектор заготавливает 1 500 000 шт.  
\*2 Из них гос. сектор заготавливает 350 000 шт.

Незадолго до войны 1914—18 гг. Бухара почти монополично поставляла К. В настоящее время каракулеводство с успехом развивается в разных частях Старого и Нового Света. По инициативе германского проф. Ю. Кюн (Галле) с успехом проводится акклиматизация каракульских овец в Германии; по примеру Германии их стали разводить в страны Балканского полуострова, Венгрия и т. д. Одновременно, преодолевая все трудности, идет работа по каракулеводу в Южной Африке и Северной Америке.

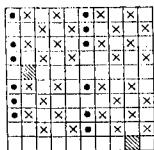
Лит.: Карпов о М. С. Каракулеводство в его современном состоянии, М., 1928; Иванов о М. Ф., Опцеводство, М., 1925; Юдин и Пыт исследования каракульских смущен, «Пушное дело», М., 1927, 6; «Пушное дело», М., 1927, 5—6; Проект стандарта на каракуль, Отдел стандартизации ВСНХ СССР, М. (печат.); Всесоюзный стандарт на пушнину и меховое сырье, М., 1927; Технические условия приема и сдачи меховых товаров, Москва, 1929. Н. Булгаков.

**б) И. искусственный (искусственный барашек).** Имитацией меха каракульской овцы является спец. ткань, по внешнему виду воспроизводящая этот мех (см. вкл. лист, ст. 712). Назначение искусственного К. то же самое, что и натурального каракулевого меха. Схема постройки искусственного К. следующая: 2 основы—одна из крученой в две нитки хлопчатобумажной пряжи, т. наз. корневая основа, и другая—из шерстяной пряжи (ворсовая основа); уток—из хлопчатобумажной пряжи в одну—две нитки. Хлопчатобумажная крученая основа и хлопчатобумажный уток дают основу и е, или грунту, искусственному К. Шерстяная основа делается из пряжи низких №№ и служит собственно для искусственного каракуля. Раппорт ткани берется таким, чтобы шерстяная основа в главной массе выходила на «лицо» ткани.

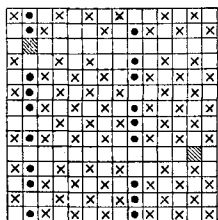
В основном построении искусственного К. по переплетению следует различать: 1) К., где основные нити образуют петли, причем шерстяная нить основы остается целой (тасканой); 2) К., где петли шерстяной основы разрезаются при ткачестве (резной каракуль); 3) комбинированный К.—часть петель тасканая и часть—резная.



Указанные три основных вида построения искусственного К. в ткачестве дают три главных образца К. Рапорт переплетения для искусствен. К. может быть весьма разнообразный, и механизмы образования зева применяются эксцентриковые, кареточные, жаккардовые, в зависимости от сложности рисунка. В практике СССР применяются по преимуществу эксцентриковые механизмы при механическом ткачестве и «проножки» при ручном ткачестве. На фиг. 1 и 2 приведены примеры простых раппортов для искусственного каракуля: фиг. 1—по утку 10 раз (2 прутка + 8 нитей), фиг. 2—по основе 10 нитей (2 ворс + 8 грунт). По отделе различают также три главные группы по внешнему виду: 1) пестрые К., 2) гладко окрашенные К., 3) искусственные К. молных цветов, а также из шерстяной пряжи меланж. Качество искусственного К. зависит от сырья и обработки. Для высоких сортов искусственного К. применяют высококостровые длинные шерсти и кроссбреды, для более дешевых сортов—грубые шерсти типа русских, тушинских и т. п. По способу прядения шерстяную основу применяют для высоких сортов К. из пряжи камвольн. английского прядения, для более дешевых сортов применяют основу, приготовленную аппаратным (суконным) способом прядения. Пряжа шерстяная применяется возможно полагая, т. е. с весьма малым числом кручений при прядении. Пряжа



Фиг. 1.

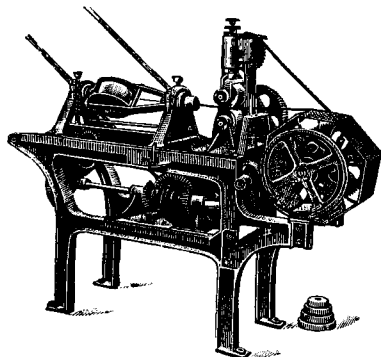


Фиг. 2.

английского прядения—более гладкая по сравнению с аппаратной, и искусственный К. получается более блестящим и гладким. В виду слабой крутки при прядении пряжа английского прядения обычно выпускается с банкаброшей, т. е. имеет специальный план прядения. Ткачество идет обычно с 3 навоев—один для хлопчатобумажной пряжи, два для шерстяной пряжи (ворс). Длина основы для шерстяной основы делается больше в сравнении с хлопчатобумажной. Последнее обусловлено тем, что шерстяная основа дает петли при ткачестве К. Для получения петели при ткачестве под шерстяную основу (ворс) прокладывают металл. прутки по направлению утка. После образования ткани прутки вынимаются, и отсюда получают петли искусственного К. Если искусственный К.—«резной», то петли разрезают.

Примерный план обработки однотонного К., крашеного в ткани (преимущественно

в черный или коричневый цвета): 1) пряжа шерстяная для верхней основы (ворс), по преимуществу в одну нитку; 2) сновка пряжи с початков или шпуль в несколько нитей (т р о ш е н и е); 3) п о с а д к а — трощеную пряжу весьма сильно скручивают в несколько нитей и при кручении делают «посадку», заключающуюся в том, что сильно перекрученную нить ослабляют и получают спираль в форме обычной спиральной пружины; на фиг. 3 приведена т. н. «посадочная» машина; 4) заварка или запарка (дека-т и р); первая операция заключается в том, что «посаженную» пряжу в форме мотков вываривают в слабом щелочном растворе в течение нескольких часов; расход кальцинированной соды ок. 2% от веса пряжи; вместо заварки делают также т. н. запарку, т. е. пряжу выдерживают в герметич. закрытых железных котлах, наполненных водяным паром—операция, совершенно аналогичная сухой декатиру в суконном производстве; волокна шерсти фиксируются в той форме, к-рая была им придана при посадке; 5) сушка; 6) перемотка с мотков на катушки; 7) раскрутка: пряжа с катушек раскручивается и разделяется на одиночные нити или по несколько нитей в каждой пряди в зависимости от сорта и внешнего вида К., для к-рого готовится пряжа (ворс); 8) сновка, обычная при ткачестве; 9) ткачество, как указывалось выше, производится с трех и больше навоев: два или больше навоев с шерстяной



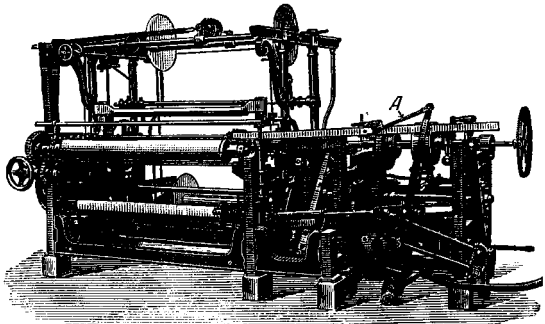
Фиг. 3.

пряжей, обработанной по 1)–8), и отдельный навои, приготовляемый из хлопчатобумажной крученой в две нити пряжи; 10) промывка на жгутовых машинах типа машин для суконного производства; 11) крашение—обычное, как для суконного производства—жгутом; 12) аппрет из отвара льняного семени (операция применяется не всегда) для придания поверхности К. большего блеска; 13) сушка в несколько растянутом виде для получения более расправленного товара (ширительная сушилка); 14) сухой декатир для лучшего фиксирования положения волокон; 15) стрижка выступающих волокон (не для всех сортов); 16) уборка и уяковка для отправки. Описанный выше план обработки относится к искусственному К., крашеному

после получения ткани, и потому К. получается однотонным. Хлопчатобумажная пряжа м. б. взята крашеной в соответствующий цвет. Если хлопчатобумажная пряжа, основная и уточная, употребляется некрашенная, то после крашения шерсти (11) К. промывают и красят хлопчатобумажную часть искусственного каракуля.

Для пестрого искусственного К. (преимущественно серого) примерный план обработки от пряжи до готового товара следующий: 1) пряжа шерстяная для верхней основы (ворс), по преимуществу в одну нитку; 2) перемотка шерстяной пряжи в мотки; 3) отбелка или откурка для получения пряжи смесно-белой; 4) подсинька; 5) сушка; 6) сгонка пряжи с мотков в несколько нитей в зависимости от сорта каракуля; 7) посадка; 8) заварка или декантир; 9) крашение.—при крашении красильный раствор не проникает во всю толщу пряжи благодаря ее сильной перекрутке, и краситель покрывает только верхние слои пряжи, внутренние слои всегда остаются белыми; 10) сушка; 11) раскрутка; 12) снов-

изображен механич. станок для ткачества. Станок по внешнему виду напоминает обычный ткацкий станок, и только развитая головка с правой стороны отличает его от последнего. На правой стороне сосредоточены механизмы, управляющие движением прутков и ножей для получения петель К. (А—тига, движущая прутки). В довоенное время



Фиг. 4.

искусственный К. применялся в довольно большом размере для шалов в армии.

Данные проекта стандартных типов искусственного каракуля.

Наименование товара	Ширина без кромки в см	Вес 1 м <sup>2</sup>	Число нитей на 10 см		Утычка (ура- ботна) основы в %		Основа		Ширина берда, см		Пряжа			Примечание		
			осно- вы	утка	коро- ной	воро- вой	коро- ной	воро- вой	кром- ки	полотна	кромки	№				
												коро- ной	воро- вой		кром- ки	утка
Серал овчинка резная.	75	0,772	140	148	5	88	900	150	60	77	3	24/2	0,98	24/2	24/2	Для получения петель ворса бер- дут прутки вы- сотой 6 мм
Искусственная овчинка, полотном крашеная, тасканал . . . . .	71	0,935	155	99,8	7,5	59	850	220	60	75	3	24/2	1	24/2	8,5	
Для крашеной полотном овчинки—смеска с ворсовой основой № 1: 100% люстровой кроссбредной шерсти 48,5 по Бредфордской системе классификации шерсти.																
Смеска для утка хлопчатобумажного угарного прядения:							Смеска для ворсовой основы серой овчинки:									
Хлопок америн. семян . . . . . 80%							Тушинская шерсть 13 . . . . . 62%									
Хлопковые угары . . . . . 15%							Хотанская » 13 . . . . . 34%									
Ровница и крутые концы . . . . . 5%							Концы ровницы . . . . . 4%									
100%							100%									

ка; 13) ткачество; 14) чистка; 15) стрижка; 16) уборка. Для отдельных сортов К. м. б. применена аппретура из отвара льняного семени для придания К. большего глянца.

Приведенные планы обработки могут меняться в зависимости от характера искусственного К. Искусственный К. предполагается работать стандартных типов. Выше приводятся данные из проекта стандартов; эти проекты стандартов близки к сортам, вырабатываемым в настоящее время.

Производство искусственного К. находится в ведении 1 Государств. шерстяного треста и кооперации. Ткачество ведется в большей части на ручных станках и в будущем намечено на механич. станках. На фиг. 4

Лит.: Сборник описаний предметов и материалов, заготовляемых интенданством для довольствия войск, Петроград, 1915; Reiser N. und Sprengel J., Handbuch der Weberei, 2 Auflage, B. 1—2, Leipzig, 1906—08. А. Синицын.

**КАРАМЕЛЬ**, продукт разложения сахаразы, смесь некристаллизующихся веществ; получается при нагревании сахара выше 160°; карамель имеет темную окраску, от бурого-коричневого до черного цвета, горьковатый вкус, в воде и спирте хорошо растворяется, окрашивая жидкость в коричневый цвет; применяется поэтому для окраски (кулера) ликеров, пива и пр. (см. Сахар).

Название К. употребляют и для обозначения определенной категории кондитерских изделий (см. Кондитерское производство).

**КАРАНДАШНОЕ ПРОИЗВОДСТВО.** Продуктом К. п. является карандаш, применяющийся для сухого письма и состоящий из стерженька (мины), заключенного в деревянную оболочку. Родиной К. п. считается г. Нюрнберг (Германия). Для изготовления стерженька употребляется графит очень высокосортового и чистый без примесей, гл. обр. из двух получивших широкую известность копей — Берсдоульских (Англия) и Алиберовских (Сибирь). По мере развития производства и потребления карандашей фабрики стали испытывать очень серьезные затруднения в получении высокосортового по своей однородности и чистоте графита, и был изобретен способ получения искусственной графитной мины; по этому способу графит измельчался в тонкий порошок, просеивался через мелкое сито и смешивался с жидкой (расплавленной) серой. Полученная масса, после тщательного перемешивания на огне, выливалась в плоские формы-плитки. По остыванию плитки распиливались, как и естественный графит, на карандашные стерженьки (мины). Графитные мины вставлялись на клею в деревянные оправы и последним вручную придавалась округлая или шестигранная форма. Первая искусственная графитная миная отличалась жесткостью, неоднородностью и хрупкостью при письме. В 1795 году был изобретен новый способ изготовления графитной мины из смеси графитного порошка с глиной, сохранившийся и до настоящего времени. Производственный процесс состоит из производства мины и производства самого карандаша.

**Производство мины.** Мины изготавливаются трех родов: а) графитные мины, б) цветные мины и в) копировальные мины. Исходным сырьем для производства графитной мины служат графит и каолин. Технологический процесс приготовления графитной мины заключается в подготовке, смешении и размоле сырья, в просеивании и прессовании смеси, формовке, обжиге и жировании мины.

**Подготовка сырья.** Оба вида сырья (графит и каолин) при поступлении на ф-ку прежде всего подвергаются очистке от примесей путем просеивания и отмучивания, для чего предварительно графит и каолин раздельно размалываются на шаровых мельницах в течение довольно продолжительного времени в зависимости от сорта и качества полученного сырья; иногда этот процесс длится несколько суток. Измельченные графит и каолин далее подвергаются раздельно совершенно одинаковому процессу: сначала просеиванию через ряд тонких сит (40—60—80—120 меш), а затем предварительной обработке порошка щелочью для очистки от посторонних примесей (частично). Смешанный с раствором порошок через некоторое время (определяемое опытным путем) промывают водой, сильно разжижают (до 0,5%), энергично взбалтывают и во взвешенном состоянии проводят переливанием через ряд поставленных вертикально перегородок в отстойных баках, причем скорость движения воды постепенно замедляется. Отбросные из разных отстойных баков порции отмученного графита или каолина сцеживают, отжимают и сушат раздельно.

По мере накопления однородные порции вторично загружаются в шаровые мельницы и снова проходят весь процесс отсеивания и отмучивания в целях «созревания» массы, т. е. получения полной однородности частиц по составу и по зернистости, что чрезвычайно важно для качества карандаша. В последнее время наилучшим графитом считается цейлонский серебристый; хорош по своему качеству и наш курайский (Сибирь) графит, но он требует много повторных процессов отмучивания и размалывания, т. к. не совсем однороден по своему составу и содержит примеси пустой породы. Наряду с естественным (горным) графитом в К. п. стал применяться и искусственный, получаемый в электрических печах графит (способ Ачесона), дающий прекрасные результаты для мягких сортов мины в силу своей однородности и мелкозернистости.

Смешение и размол сырья. Очищенное и подготовленное сырье, в зависимости от марки мины по жесткости, смешивают друг с другом в определенной весовой пропорции. Средняя смесь по жесткости получается при смешении 65% графита с 35% каолина. Бóльший процент каолина обыкновенно увеличивает жесткость мины; уменьшение каолина в смеси делает карандаш более мягким. Рецелтура разрабатывается чисто опытным путем, причем жесткость мины зависит не только от соотношения графита и каолина, но и от всех последующих процессов, особенно обжига и жирования мины. Жесткость мины определяют и различают по способности карандаша, при одной и той же силе нажима, давать однородную по расцветке и толщине линию. Жесткость карандашей с черной (графитной) миной имеет следующую классификацию (стандарт), к-рая обозначается литерами: литера В — показатель мягкости, литера Н — показатель жесткости. Из сочетания этих литер составлена целая шкала жесткости или твердости карандаша. Средняя жесткость обозначается знаком НВ. Усиление мягкости или твердости обозначается цифрами перед литерой символа, например: мягкие сорта обозначаются В, 2В (или № 2 по более упрощенной классификации), 3В, 4В (или № 1), 5В, 6В. В сторону усиления твердости от среднего сорта НВ идет сначала специальный сорт Г (канцелярский карандаш, или № 3), далее идут Н, 2Н (или № 4), 3Н, 4Н (или № 5), 5Н, 6Н (или № 6), 7Н, 8Н; 9Н обозначает самый жесткий карандаш по твердости графитной мины. Наиболее полная шкала дает т. о. 17 сортов графитной мины по жесткости. Сокращенная шкала дает 6 сортов. Техника выработки полной шкалы заключается главным образом в повторном отмучивании графита и каолина (до 12—14 раз), тщательном размоле и сортировке сырья. Для получения мягкого или жирного помолла, кроме шаровых мельниц, употребляют так называемые *коллоидные мельницы* (см.), работающие более экономно в отношении затрат рабочей силы. После смешения и размола смеси графита и каолина массу отжимают в фильтр-прессах, а затем помещают в сушильные камеры для окончательн. досушки.

Просеивание и прессование смеси. Высушенную смесь пускают уже под № или маркой в дальнейшее производство, для чего смесь опять размалывают и направляют в месильную машину для замешивания с добавлением воды в однородную густую пластическую массу (тесто). Тесто сначала пропускают через гидравлический разминатель, где масса под сильным давлением проходит через ряд мелких отверстий в 1—2 мм, иногда по несколько раз, причем масса из цилиндра должна выходить сплошной гладкой глянцевитой нитью без пропусков и задигов, что является признаком массы, спелой и готовой для приготовления мины.

Формовка мины. Готовая масса загрузается в стакан формовочного пресса, снабженного специальным формовочным мундштуком, через который при давлении ~150 атм и выше масса выходит в виде бесконечной нити, подхватываемой и обрываемой по размеру или двумя рабочими вручную или автоматически для укладки на ровные доски (размерами 650×320 мм). После легкой подсушки мины разрезают на отдельные стерженьки по длине карандаша с некоторым припуском (4—5 мм), подравнивают вручную и помещают в сушильные шкафы для окончательной просушки. Режим сушки д. б. мягкий, для того чтобы мины при высыхании не давали ни коробления ни трещин (волосных).

Обжиг мины. Высушенную мины складывают в графитные тигли-лишки пачками, пересыпают порошкообразным древесным углем, закрывают крышкой, к-рую по шву обмазывают глиной для прекращения доступа воздуха и огня и направляют в специальную печь для обжига. Тигли в печи при обжиге двигаются автоматически вдоль пода печи и проходят три фазы: а) подогрева, б) собственного обжига и в) остывания. Температура в каждой зоне держится особая, обжиг происходит при t° 1100—1200°, благодаря чему мины получают известную крепость и упругость.

Жи ров а н и е ми ны. После охлаждения тиглей, по выходе их из печи, крышки снимают, и мины поступают в автоклавы для жирования. Процесс жирования производится для придания мины нек-рой жирности, для равномерности линии и лучшего скольжения карандаша по бумаге при письме. Жирование производится в автоклаве пропиткой мины под давлением японского воском, стеарином, парафином, говяжьим салом и другими жировыми веществами по специальным рецептам. Процесс жирования ведут следующим образом: графитные мины укладывают в автолав пачками, вертикальными рядами. По установке вакуума (около 100 мм) автолав заполняют жировым веществом и повышают давление до 4—5 атм при t° 120—150°. После полной пропитки графитной мины жиром, последний выпускают и по открытии крышки автоклава дают жиру окончательно стечь, после чего графитную мины очищают опилками и сортируют. Сортировка мины производится на прамизну и правильный размер по длине. Сломанную и искривленную мины режут и затачивают на короткий вставной графит для

карандашных ручек. Затем графит идет в клейное отделение на вклейку в дерево.

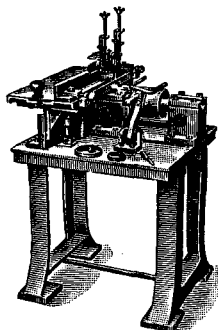
Ц в е т н а я м и н а идет на цветные карандаши для рисования и расцветки рисунков и чертежей. Подготовка сырья очень сходна с производством графитной мины. Вместо графита с каолином замешивают минеральные тщательно измельченные в порошок (пудру) краски. Процесс обжига выпадает. Краски при измельчении смешивают в разные оттенки. Существуют школьные наборы в 12 цветов, а для художников и техников набор составляют из 60 тонов. Примерные рецепты составления смеси для цветной мины следующие: синий цвет—80% каолина, 18% берлинской лазури, 2% траганта; красный цвет—86% каолина, 12% красной пигментной краски, 2% траганта; зеленый цвет—52% каолина, 40% хромовой желтой, 6,5% берлинской лазури, 1,5% траганта. Каолин для цветных мин требуется особенно тщательной очистки и правильного белого цвета, чтобы не портить чистоты тона. После составления цветную смесь еще раз тщательно размалывают на шаровой мельнице и направляют в месильную машину, где к массе добавляют трагантовую камедь как связующее вещество. Из месильной машины массу закладывают в пресс, выдвигают через мундштук, принимают на ровную доску, откуда масса поступает на стеллажи для воздушной сушки на несколько суток. Сухая мины разрезается по длине карандаша и идет в автолав на жирование японским воском (доставляемым растением *Rhus succedanea*). Этим процесс заканчивается, и мины идут в сортировку.

К о п и р о в а т ь н ы й г р а ф и т изготавливают из графита, талька и анлиновых красок. Изготовление не требует обжига и жирования. Для связи употребляют, как и для цветной мины, трагантовую камедь. Рецепты изготовления смеси копировального карандаша: черного цвета—65% графита, 30% метил-виолета, 5% траганта; фиолетового цвета—70% талька, 25% метил-виолета, 5% траганта. Сушка воздушная. При изготовлении копировального графита необходимо обращать серьезное внимание на тщательную изоляцию от анилиновой пыли, особенно если готовят в том же корпусе и цветные мины. Пыль анилиновых красок также сильно вредит при отделочных процессах (полировка и лакировка карандаша).

Пр о з в о д с т в о с а м о г о к а р а н д а ш а. Качество карандаша зависит не только от мины, но в значительной степени и от правильного выбора древесины для обкладки мины. Древесина как сырье для К. п. должна удовлетворять следующим свойствам: а) быть легкой и достаточно мягкой, б) отличаться одинаковым сопротивлением резанию как вдоль, так и поперек волокна, в) иметь блестящий, не лохматый излом и поверхность среза и г) иметь темную и не маркую окраску. Лучшими породами для карандашного производства считаются можжевелники разных видов, особенно виргинский можжевелник (*Juniperus virginiana*) в Соединен. Штатах Америки. Этот вид можжевелника долгое время почти исключительно шел на выработку карандашной дощечки. Усилен-

ный спрос создал в последнее время кризис на *J. virginiana*, т. к. все б. или м. крупные запасы его оказались вырубленными. Кроме виргинского можжевельника, к-рый в продаже известен под названием кедра, на обделку карандашей идут следующие породы: *Juniperus Oxycedrus*—красный кедровый вереск, карандашное дерево (Кавказ, М. Азия); *J. excelsa* (Кавказ, М. Азия), или гималайский кедр; *J. foetidissima* (Кавказ); *Cedrela odorata* (Вест-Индия); *J. Bermudiana* (Вест-Индия, Флорида); *J. Sabina*—казацкий можжевельник (Туркестан), арча (древесина последнего более твердая и свилеватая); *J. procera* (вост. Африка), муангати, или узамборский кедр; *Phyllyrea latifolia* (побережье Средиземного моря), каменная липа, древесина к-рой хотя и тяжела (0,92), но пригодна для карандашей. В качестве суррогатов карандашного дерева идут: липа (*Tilia parvifolia*), пихта (*Abies lasiocarpa* и *balsamea*—США, *Abies sibirica*), различные виды тополей, кедр (*Pinus sembra*—Сибирь), веймутова сосна (*Pinus strobus*) или белая сосна—США, ольха (*Alnus glutinosa*). Все породы, употребляемые в К. п., обычно морят под цвет виргинского можжевельника, но применяют и черную протраву (Германия).

Подготовка древесины. Карандашную древесину обычно заготавливают короткими кряжками (в 1 или 2 м). Кряж распиливают на чурки длиной 185 или 370 мм (т. е. двойной длины). Чурки поступают на продольноциркулярный станок, на котором они распускаются сначала на двойные дощечки, размером в 185×56×15 мм. Направление распиловки гл. образ. радиальное при вырезке центральной, сердцевинной части. Распиленная двойная дощечка м. б. нормальной ширины (56 мм), так наз. шестерка, потому что из дощечки такой ширины выходит 6 карандашей. Двойная дощечка поступает в воздушную сушилку в сложенном в клетки виде под грузом, во избежание коробления. Дощечка, высушенная до пределов «устойчивой» влажности, т. е. до 14—16% абсолютной влажности, поступает на специальные распиловочные (фиг. 1) циркулярные распускные станочки с полуавтоматич. подачей материала, на к-рых двойная дощечка распиливается вдоль на обычные дощечки размером 185×56×5÷6 мм. Толщина дощечки несколько варьирует в зависимости от размера ушки древесины. Распушенную обычную дощечку сортируют по качеству и оциливают по ширине либо на шестерки либо на недомерки—пятирки, четверки и тройки и направляют на промежуточный склад. Сучок, трещины, косослой и гниль считаются за брак.



Фиг. 1.

При неправильной сушке отделяются слои заболони. Смолистые вещества (сандарак),

Пропитка (морение) дощечки. Подготовленную таким образом дощечку обычно подкрашивают под нормальную окраску виргинского можжевельника (красновато-коричневый тон) или другой темный цвет. Карандашные ф-ки далеко не всегда ведут подготовку древесины самостоятельно, чаще ф-ки получают заготовку со стороны либо в естественной окраске либо в виде мореных и прожированных дощечек; последнее бывает редко и не иначе как по специальному заказу. Пропитку (морение) дощечки ведут в автоклавах. Сухую дощечку укладывают в особую металлическую клетку, загружаемую в автоклав непосредственно. Укладка дощечки должна предусматривать свободное омывание дощечки раствором краски; лучший способ укладки—в елочку. Раствор анилиновой краски (коричневая кедровая) д. б. отфильтрован перед употреблением в дело, т. к. нерастворимый осадок, покрывая поверхность дощечек, сильно затрудняет пропитку. Иногда, особенно при употреблении суррогатных пород, процесс пропитки соединяется с процессом жирования дощечки. Жирование делают с целью смягчить древесину в карандаше и придать ей блеск в разрезе. В качестве смягчительных средств употребляют парафин, аллизириновое масло, монолин и пр. Если приходится иметь дело с настоящим кедром (*P. sembra*), липой (*T. parvifolia*) и другими суррогатными породами, перед вводом смягчительных средств хорошо предварительно обработать дощечку щелочью; последнюю применяют также для удаления смол и облегчения процесса пропитки краской (морение). Раствор щелочи берут крепостью 2—5° Вё. Обработку ведут под давлением (2—3½ атм) и при высокой температуре (70—90°) раствора. Перед введением щелочи или краски древесину сначала пропаривают под давлением 1,5 атм, затем дают вакуум до 12—15 мм ртутного столба и наконец вводят раствор щелочи или же краски. После обрабатывания щелочью древесину тщательно промывают водой. Жирование дощечки также производят под давлением после удаления излишков раствора краски вакуумом.

Сушка дощечки. Окрашенная и прожированная дощечка непосредственно из автоклава переводится в сушильные камеры для искусственной подсушки древесины. Конечная влажность для древесины требуется 6—8% абс. влажности, т. к. иначе дощечка при выработке карандаша после склейки может покорежиться. Режим сушки характеризуют табл. 1 и 2.

Табл. 1.—Режим сушки можжевельника (кедра) толщиной до 25 мм.

Влагосодержание в %	t° сухого термометра	t° мокрого термометра	Относит. влажность в %
Начальное . . .	60	53	70
20 . . . . .	65	52	50
15 . . . . .	68	51	40
10 и ниже . . . .	71	46	25

При неправильной сушке отделяются слои заболони. Смолистые вещества (сандарак),

содержащиеся в кедровой древесине, испаряясь вместе с водой, являются причиной ошибок при определении содержания влаги. Ошибка колеблется в пределах 2—3%, доходя до 5%.

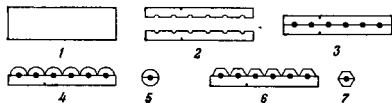
Табл. 2.—Режим сушки липы толщиной до 25 мм.

Влагосодержание в %	t° сухого термометра	t° влажн. термометра	Относит. влажность в %
40 . . . . .	60	55	80
40 . . . . .	63	57	75
30 . . . . .	65	58	70
25 . . . . .	68	57,5	60
20 . . . . .	71	57	50
15 . . . . .	74	52	35
10 и ниже . . . . .	77	41	20

Режим сушки дощечки д. б. мягким, особенно для можжевельника, т. к. присутствие в древесине сандалачных смол сильно затрудняет сушку. По выходе из сушилки дощечки выгружают из клеток и сортируют по качеству и размерам. Дощечки с трещинами и покоробленные бракуют.

Строжка и дорожение дощечки. Отсортированная дощечка поступает на специальные автоматич. фрезерные станки, которые производят одновременно офуговку одного ребра, острожку и продорожку одной из пластин дощечки. Продорожка заключается в проведении параллельных желобков, соответствующих оси будущего карандаша, куда укладывается мина. Для того чтобы все последующие операции дали полное совпадение по оси карандаша, на противоположной пластине дощечки фрезерная пила проводит особую направляющую бороздку, по которой и ведется фрезеровка дорожки, а впоследствии и тела карандаша. Этот станок требует тщательной регулировки и установки режущих инструментов, т. к. неточность установки создает искусственный брак при вырезке тела карандаша, так назыв. эксцентричность мины. Дощечки подают вручную пачками в магазин станка, откуда они автоматически проходят по очереди через станок и автоматически выбрасываются с другой стороны.

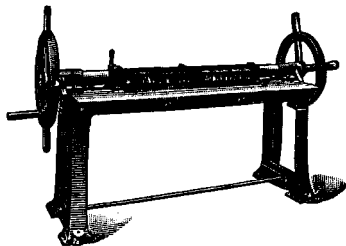
Закладка мин и склейка дощечек. Эти два процесса обычно соединены в одну операцию (фиг. 2). Существуют два способа производства этой операции. Первый (устарелый) заключается в том, что половина



Фиг. 2.

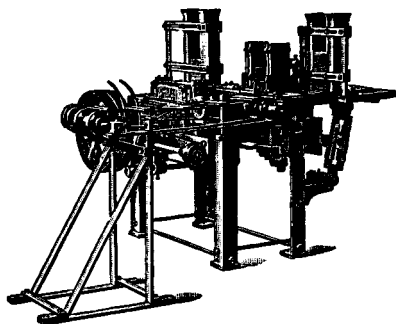
продороженных дощечек поступает на клейную машину со стороны намазвательного приспособления и передвигается транспортером по столу, по обеим сторонам которого размещены рабочие. Около рабочих одного ряда помещаются вторые половины дощечек, около рабочих второго ряда—отсортированные мины. Последние рабочие снимают с цепей намазанные клеём дощечки, вставляют в желобки вручную

мины, для чего требуется особая квалификация, и кладут дощечки с миной обратно на тот же транспортер. Рабочие, сидящие напротив, накладывают вторые дощечки т. о. чтобы направляющие борозды совпадали. Соединенные дощечки снимают со стола рабочих, на к-ром лежит обязанность уложить склеенные дощечки в сулаги (фиг. 3) для



Фиг. 3.

сушки в зажатом виде. Сушка продолжается обычно одни сутки. Консистенция клея и густота намазки оказывают существенное влияние на распределение влаги в карандашной заготовке; последняя должна находиться 5—6 дней на выдержке в промежуточном складе. Второй способ (современный) дает возможность закладку мин производить на склейном автомате (фиг. 4).



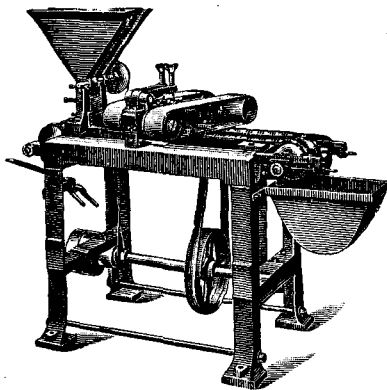
Фиг. 4.

Автомат имеет три загрузочных бункера, причем в 1-й укладывают дощечки желобками вверх, во 2-й помещают мины, в 3-й укладывают дощечки желобками вниз. При пуске автомата в ход первый шиббер проталкивает дощечки из первого бункера ко второму шибберу, к-рый с своей стороны толкает дощечку до тех пор, пока мины не войдут в желобки дощечки; из 3-го бункера входящая вторая дощечка смазывается клеём и покрывает поверхность первой дощечки, после чего обе дощечки спрессовываются в сулагах. Работа на автомате, помимо точной обработки дощечки, требует ровной, тщательно подсортированной мины, не требует от рабочих никакой квалификации и значительно сокращает число рабочих по сравнению с первым способом (12—14 человек).

Обрезка и заравнивание концов карандашной заготовки. Карандашная заготовка по выходе из сулуги подвергается заравниванию концов точно на длину карандаша, для чего заготовки пропускают на карусельном концевальном станке. При вращении карусели с заготовками концы последних проходят между двумя быстро вращающимися дисками с натянутой стеклянной или кремневой бумагой, которая равняет и сглаживает концы заготовок. Эти станки обычно сильно пылят, поэтому они д. б. установлены в специальном, изолированном от остальных отделений помещении с хорошо устроенной вентиляционной вытяжкой (экстаустер). Необходимо кроме того при выводе вентиляционной трубы наружу обеспечить проводку отсоса через воду для осаждения графитной, а в особенности цветной пыли в целях обеспечения надежнейшей чистоты выходящего воздуха. Особенно это условие необходимо соблюдать, если на фабрике работают с метил-виолетом (копировальный графит).

Фрезерование тела карандаша. С концевального станка заготовки поступают на специальные фрезерально-строгальные станки с полуавтоматич. подачей, где заготовка проводится последовательно два раза согласно направляющей бороздке под фрезерной головкой, к-рая разделяет заготовку на отдельные карандаши—круглой, шестигранной или овальной формы. Нормальная заготовка, как сказано выше, дает сразу 6 карандашей, маломерки—иное количество (5—4—3).

Шлифовка карандаша (хвощевание). Остроганный карандаш в зависимости от сорта либо сразу идет на упаковку (столярный

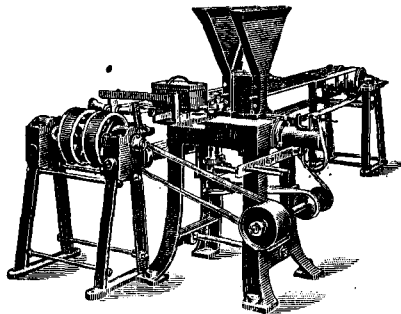


Фиг. 5.

карандаш) либо поступает на предварительную шлифовку. Последнюю производят на специальных ленточно-шлифовальных станках (фиг. 5). Шлифовка может производиться вдоль оси карандаша или поперек. Станки имеют автоматич. подачу. Шлифовка производится стеклянной лентой (шкуркой) мелких номеров (0, 00, 000, 0000). Шлифовочное

отделение также д. б. совершенно изолировано от остальных помещений и снабжено вентиляцией. Перед шлифовкой, а иногда и после нее, карандаш бракуют на качество отдели. Заусенцы, задиры, трещины, плохая склейка, эксцентricность образующей и мины не допускаются.

Отделка карандаша. Для так наз. школьных карандашей употребляется натуральная отделка при помощи шлифовальных барабанов, вращающихся с тонко размолотыми опилками мягких лиственных или



Фиг. 6.

хвойных пород, сухих или пропитанных парафином или воском. Эта отделка носит название лощения, или прозрачной отделки. Существует полупрозрачная отделка шеллаком. При этом способе спиртовой раствор шеллака смешивают с анилиновой краской (б. ч. темнокрасного цвета) и раствором сначала производят полировку или подгрунтовку карандаша на специальных полировочно-грунтовочных автоматах (фиг. 6). После полировки карандаш лакируют светлым шеллачным лаком. Более современная отделка карандаша—цветная. Цветной карандаш имеет наружную отделку цвета мины. Графитный черный карандаш, рисовальный, имеет чаще всего яркочелтушую отделку. Основанием для полировки при этом способе отделки служат ацетицеллюлозный лак или нитрч-лаки, причем сначала карандаш грунтуют матовой грунтовкой. Грунтовку изготовляют путем смешения ацетицеллюлозного лака с минеральной краской соответствующего цвета и полученную смесь тщательно растирают. Густотертый лак служит для грунтовки. Окончательную полировку производят тем же лаком, но в чистом виде. Эти сорта лака дают очень ровный и высокий по качеству и блеску глянец, ввиду чего в последнее время его предпочитают остальным отделкам. Грунтовочно-полировальные машины снабжены бункерами, куда сыплются шлифованные карандаши. При пуске автомата в ход карандаши один за другим проводятся кулачковым распределителем в выходную шель бункера, откуда они специальными шпинделем непрерывно подаются в мундштук грунтовочно-полировального ящика и выходят через второй мундштук, покрытые со всех сторон грунтовкой или лаком. Как входное, так и выходное

отверстия мундштуков имеют кольца из мягкого войлока для предотвращения втыкания лака из ящиков и для снятия лишнего слоя с карандашей при их выходе. Выходящие карандаши падают на поперечный транспортер, медленно продвигающий карандаши через сушильный канал. В конце транспортера ставится ящик, куда карандаши автоматически падают. Каждый карандаш проходит грунтоочные станки последовательно 4—6 раз, а через полировочные станки 2—4 раза, чем процесс полировки карандаша и заканчивается.

Зачистка и шлифовка концов. Т. к. карандаши при полировке выходят с запыленными концами (грунтовок и лаком), то их пропускают через карусельные станки для зачистки и шлифовки концов. Карандаши засыпают в приемный бункер, откуда они автоматически захватываются крючками вращающейся фасонной матрицы и, вращаясь вместе с нею, проходят мимо шлифовального диска и фрезера, к-рые зачищают концы от грунтовок и политуры и шлифуют их. Пройдя диск и фрезер, карандаши автоматически падают в ящик.

Сортировка. Полированные с зачищенными концами карандаши вновь сортируют и сортируют, после чего они поступают на клеймение.

Клеймение карандашей. Станок для нанесения клейма состоит из приемного бункера, подающей фасонной шины и клейма. Карандаши сыплются в воронку, откуда по очереди проталкиваются на фасонную шину. Клеймо помещается над шиной в особой подвижной оправе, двигающейся вверх и вниз. Над карандашами тянется рольная полоска (лента) бумаги, покрытая снизу бронзой. Через равные промежутки оправы клейма при посредстве кулачка надавливаются книзу и давят на клеймо, которое клеит карандаш через полосу бумаги, благодаря чему рисунок и надпись клейма на карандаше бронзируются.

Упаковка карандашей. После клеймения карандаши связывают дюжинами или просто укладывают в коробки, оклеивают этикеткой фирмы, затем упаковывают в ящики по 50 gross в каждый и отправляют на склад.

Г. Байер

**КАРБАЗОЛ**, иминобифенил, дибензопиррол,  $C_{12}H_8N$ , находится в каменноугольном дегте; выкристаллизовывается вместе с антраценом, из которого может быть выделен перегонкой сырого антрацена над КОН; карбазол остается в виде карбазолкалия:



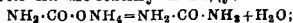
откуда выделяют К. действием кислот. К. образует бесцветные блестящие листочки с  $t^{\circ}_{пл.}$  238°.  $t^{\circ}_{кип.}$  354—355°, легко возгоняется, мало растворяется в бензоле, эфире и хлороформе, лучше растворяется в абсолютном спирте. В химич. отношении представляет собой слабое основание, дает постоянную соль только с пикриновой кислотой: пикрат К. — красные призмы с  $t^{\circ}_{пл.}$  186°. Подобно пирролу, К. окрашивает сосновую лучинку, смоченную HCl, в красный цвет; с изатином

и  $H_2SO_4$  дает синее окрашивание. К. — очень стойкое соединение по отношению к к-там и щелочам. В последнее время в красочной промышленности К. имеет большое значение как исходный материал для получения ценных *гироновых красителей* (см.). В технике его получают из остатков после перегонки антрацена и очищают перегонкой.

Лит.: В о р о ж д о в П. Н., Ступени в синтезе красителей, Л., 1926.

**КАРБАМИНОВАЯ КИСЛОТА**, неполный амид угольной к-ты,  $OC \begin{array}{l} NH_2 \\ | \\ OH \end{array}$ ; в свободном

состоянии К. к. неизвестна, изучены ее соли, эфиры и хлорангидрид. Аммонийная соль,  $NH_4 \cdot CO \cdot ONH_2$ , получается при действии сухого углекислого газа на сухой газообразный аммиак; при пропускании смеси этих газов в охлажденный абсолютный спирт соль выпадает в виде кристаллич. порошка; при нагревании в запаянной трубке она распадается на мочевины и воду:

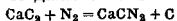


при нагревании на воздухе она распадается на аммиак и углекислый газ. Эфиры К. к., уретаны, образуются при взаимодействии эфиров угольной или хлоругольной кислот с аммиаком. Уретаны — стойкие бесцветные, хорошо кристаллизующиеся соединения, применяемые в медицине (обладают спазмолитическим действием).

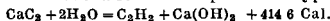
**КАРБИД КАЛЬЦИЯ**,  $CaC_2$ , твердое кристаллич. вещество, уд. веса от 2,2 до 2,28;  $t^{\circ}_{пл.}$  точно не установлена и указывается в пределах 1 850—2 300°. Излом технич. К. к. в зависимости от условий получения, меняется от землистого до ярко выраженного кристаллического; различен бывает и цвет его, изменяющийся от серого до блестящего, часто опалесцирующего; химически чистый продукт бесцветен.

Химические свойства. Строение молекулы К. к. выражается ф-лой  $\begin{array}{c} C \\ || \\ C \\ | \\ Ca \end{array}$ ;

в отсутствии влаги при обыкновенных  $t^{\circ}$  металлы и кислород воздуха на него не действуют; при этих же условиях слабо действуют на него и крепкие кислоты. При высоких  $t^{\circ}$  химич. активность К. к. повышается, и при  $t^{\circ}$  около 1 000° он вступает в химич. взаимодействие даже с азотом по ур-ию:



(см. *Цианамид кальция*). При взаимодействии с водой К. к. даже на холоду разлагается с бурным выделением ацетилена,  $C_2H_2$ ; реакция сопровождается выделением большого количества тепла и выражается ур-ием:



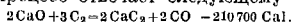
Указанная реакция идет даже под влиянием атмосферной влаги, причем куски К. к. покрываются слоем гашеной извести, которая сообщает им светлосерый цвет; в виду этого К. к. должен храниться только в герметической упаковке. 1 кг химически чистого К. к. дает 406,25 г ацетилена, который при 0° и 760 мм Hg занимает объем в 348,7 л.

Впервые К. к. был получен Геру в 1840 г. при опытах с элементар. леуэлю; Велер, получивший более значительное количество К. к. в 1862 г. при сплавлении кальция с углем, имел возможность изучить его свойства. В 1890 г. Муассен получил К. к. при плавлении в электрич. печи гашеной извести, к-рая давала упомянутый продукт, вступая во взаимодей-

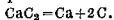


стве с углем электродов печи. В 1894 г. сотрудником Муассана, Бюле, был извещен во Франции первый патент на промышленный способ получения К. к., который в основе и до сих пор остается тем же. В том же году была построена первая электрическая карбидная печь, и тем положено начало производству карбида кальция, которое в настоящее время выражается в млн. т.

Современное промышленное производство К. к. основано на восстановлении окиси кальция при высоких  $t^\circ$  углеродом и взаимодействии восстановленного кальция с углем. Этот процесс отвечает следующему ур-нию:

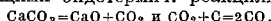


Реакция эта сильно эндотермична, а потому может идти только в присутствии интенсивного источника тепла, каким является вольтова дуга электрич. печи. Реакция представляет собою обратимый процесс. Система моновариантна: каждой  $t^\circ$  при равновесии соответствует определенная упругость СО. Какова минимальная  $t^\circ$ , при к-рой начинается образование К. к., с точностью не установлено; большинство исследователей считает, что она лежит между 1800 и 1900°. При  $t^\circ$  ок. 2500° плавится известь; в расплавленном состоянии последняя служит растворителем для карбида, что значительно облегчает дальнейший ход реакции. Сам К. к. в условиях его образования в печи имеет тестообразную консистенцию и только при дальнейшем повышении  $t^\circ$  становится жидким. При очень сильном перегреве образовавшийся К. к. разлагается по уравнению:



Особенностью производства К. к. является отсутствие побочных продуктов, так как примеси, содержащиеся в исходных материалах (если количество их не превосходит известной границы), растворяются в образовавшемся карбиде, не вредя его технич. качествам и лишь несколько понижая процентное содержание  $\text{CaC}_2$ , а вследствие этого и выход ацетилена.

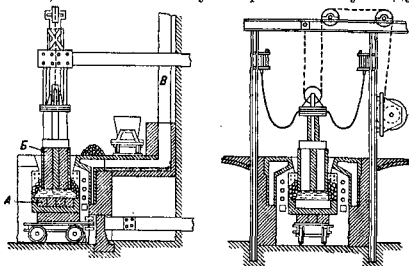
Теоретически для получения К. к. может служить и углекислый кальций, но на практике он не применяется из-за излишнего расхода электродов и энергии, вызываемого следующими эндотермич. реакциями:



Для производства К. к. служит исключительно негашеная известь, которая в большинстве случаев получается тут же на карбидных з-дах, разрабатывающих близлежащие залежи известняка. Известняк, идущий в обжиг, д. б. относительно чистым и содержать во всяком случае не меньше 97%  $\text{CaCO}_3$ , с тем, чтобы в полученной из него жженой извести заключалось не более 4—5% примесей в виде  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Наиболее неприятной является примесь  $\text{MgO}$ , присутствие которой в количестве 3—4% может заметно уменьшить производительность печей и даже вызвать их остановку, т. к. магнезия не образует карбида с углеродистыми материалами и затрудняет растворение К. к. в извести; содержание  $\text{MgO}$  в известняке не должно превышать 0,5%. Фосфаты и сульфаты могут содержать только в виде следов; максимально допустимым считается: 0,01% для фосфатов и 0,3% для сульфатов. Эти примеси известняка целиком переходят в карбид в виде фосфористого и сернистого кальция — примесей, чрезвычайно нежела-

тельных при использовании К. к. Обожженная известь, идущая в производство, д. б. в виде достаточно плотных, не легко выветривающихся кусков; лучше всего уплотнить ее в дело сейчас же по выходе из печи, раздробив на куски размером 50—60 мм с возможно меньшим содержанием пыли.

Углеродистый материал для карбидного производства должен быть также очень чистым, что способствует правильному ходу



Фиг. 1.

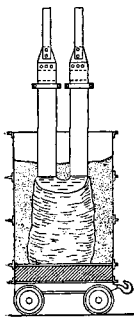
печи и повышению кпд. Применяют или малоазольный антрацит или газовый кокс с минимальным содержанием золы. До войны 1914—18 гг. максимальной нормой содержания золы считалось 9%; в настоящее время допускают нек-рое превышение этой нормы, но по возможности оно д. б. минимальным.

Кокс, прибывающий с газовых з-дов очень сырым, предварительно тщательно просушивают до содержания влаги в нем ниже 1%; на крупных з-дах просушивание кокса производят во вращающихся сушилках. Газовый кокс очень электропроводен и порист, что позволяет ему легко реагировать с известью. Древесный уголь, особенно твердых пород, также является превосходным сырьем для карбидного производства, т. к. он порист, содержит мало золы и вредных примесей; он увеличивает кпд карбидной печи и дает продукт высокого качества, но по экономическим причинам применение его ограничено. Антрацит очень плотен, трудно реагирует и пригоден только при работе на мощных печах. При небольшом содержании золы (иногда около 5%) он имеет преимущество перед коксом.

Фосфор и сера в углеродистом материале менее вредны, чем в извести, т. к. значительная часть их при процессе улетучивается; поэтому в углеродистом материале допустимо содержание фосфора до 0,01—0,02%, а серы — до 1,25%. Чем чище известь, тем более примеси можно допустить в углеродистом материале.

К а р б и д н ы е п е ч и. Во избежание явлений электролиза в карбидных печах применяют переменный ток. В зависимости от рода установки питают печи либо однофазным либо трехфазным током. По принципу работы карбидные печи делятся на а) печи периодич. действия, из которых К. к. извлекают в твердом состоянии, после остывания, б) печи непрерывного действия, из которых продукт выпускают в расплавленном виде через особое выпускное отверстие.

Периодическая работа, с образованием в печи застывшего блока К. к., характерна для первоначального периода карбидной промышленности и в настоящее время почти не применяется. Первые карбидные печи строились мощностью в 100—300 кВт и имели вид небольших четырехугольных железных тиглей, установленных на вагонетках. Довольно часто применявшийся тип печи представлен на фиг. 1. Дно печи имеет угольную футеровку А и является одним из электродов, второй электрод В входит сверху; В — канал для отвода СО. Способ работы в таких печах основан на электропроводности нагретого карбида. Несколько печей включается в цепь последовательно, причем на каждую приходится напряжение в 35—40 В. При опускании верхнего электрода между ним и подом печи образуется вольтовая дуга, и тогда производится засыпание приготовленной шихты; после расплавления значительной части шихты снова засыпают дугу. Для поддержания постоянной силы тока верхний электрод делается подвижным. Работа в периодич. печах продолжается до тех пор, пока карбид не заполнит тигля на всю высоту. В виду того что теплоемкость и скрытая теплота плавления карбида незначительны,



Фиг. 2.

он довольно быстро застывает, после чего печь выключают, увозят и заменяют новой. Карбид легко отделяется от пода печи; блок вынимают при помощи крана и оставляют на 12—24 часа для полного остывания, после чего уже приступают к отделению непрореагировавшей шихты и дроблению карбида.

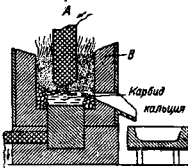
Значительным прогрессом явилось введение печей большей мощности, до 450—500 кВт, без нижнего контакта, но с двумя отдельными подвижными электродами с самостоятельной регулировкой каждого. Устройство такой печи представлено на фиг. 2;

в ней образуются две последовательно включенные дуги. Преимуществом такого устройства печи является высокое напряжение в сети и низкое напряжение на поду печи; карбид здесь по мере своего образования выходит из сферы действия тока, к-рый проходит только через верхний слой. В начале работы образуются два отдельных блока, к-рые затем сливаются в один большой, до 1 т весом. Эти печи работают значительно экономичнее малых и по своей конструкции представляют собою переход к современным большим многоподовым печам.

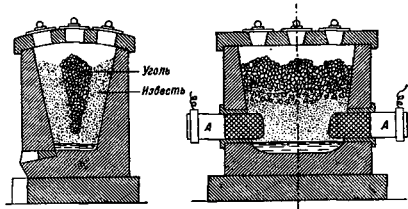
Способ периодич. работы несовершенен с технич. стороны и неэкономичен. Здесь неминуемы значительные потери шихты, т. к. в готовом блоке годного К. к. иногда содержится только около 50% по весу; кроме того периодич. работа связана с неэкономичным использованием энергии и электродов, а обслуживание печи, ее чистка, дробление и сортировка блоков требуют значительного количества рабочих рук. Устранение этих неудобств было связано с разрешением про-

блемы непрерывного процесса, с периодич. выпуском готового продукта из печи в расплавленном виде.

Главным затруднением на этом пути являлось быстрое застывание К. к. в печи: высокая электропроводность расплавленного карбида заставляет поднимать верхний электрод, т. е. удалять вольтовую дугу от пода, вследствие чего нижняя часть блока затвердевает; открытие выпускного отверстия (очка) становится крайне затруднительным, а при застывшем слое в 15—20 см — и совершенно невозможным. Поэтому во избежание закупорки очка карбиду не дают застыть в канале, для чего утолщенным концом лома проталкивают застывший карбид внутрь печи, так что сам канал остается свободным. Кроме того при печах большой мощности (600 кВт и выше) прибегают к периодич. проплавлению корки при помощи вольтовой дуги, для чего соединяют с верхним электродом железный лом (иногда угольный стержень) вводит в выпускное отверстие и дает вольтовую дугу, к-рая и расплавляет застывший карбид. Основательно задача получения К. к. непрерывным процессом была разрешена в 1904—07 гг. постройкой печей очень большой мощности, измеряемой тысячами кВт. Конструкции таких печей чрезвычайно разнообразны: иногда нижняя часть печи служит одним из электродов; другой же электрод подвешивают подвижно в верхней части печи (фиг. 3, где А — верхний электрод, В — огнеупорная футеровка); иногда оба электрода А располагают горизонтально (фиг. 4, шведская трехфазная печь). В последнее время получили широкое распространение трехфазные печи, имеющие три электрода, расположенных в верхней части; ток проходит от одного электрода к другому



Фиг. 3.

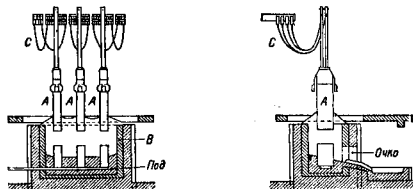


Фиг. 4.

через раскаленную смесь, которая образует сопротивление. На фиг. 5 показана такая трехфазная печь с тремя вертикальными электродами А и гибкими вертикальными медными шинами С.

Современные печи для К. к. работают почти всегда сопротивлением, т. е. рассчитаны т. о., что во время работы печи смесь исходных материалов образует источник сопротивления; К. к. в расплавленном виде стекает на под печи, а вновь засыпаемая шихта замещает прореагировавшую и постепенно

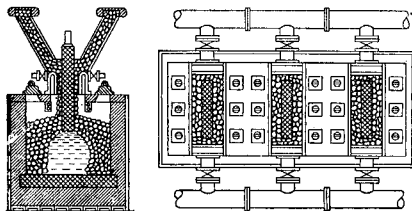
поступает в реакционную зону. Конец электрода погружают в смесь на десятки см; вся работа обслуживающего персонала помимо заправки шихты заключается в том, чтобы не давать белому огню вольтовой дуги прорываться наружу, что достигается путем сдувания шихты вокруг верхнего электрода и путем пробивания образующихся



Фиг. 5.

сводов из спекшейся шихты. Это пробивание предупреждает образование корок, которые могут в процессе охлаждения печи образоваться по всему периметру печной шахты и уменьшить КПД вследствие возникновения частичных коротких замыканий тока.

Печи с открытой вольтовой дугой в течение последних 15—20 лет для производства К. к. не применяются, т. к. их работа сопровождается образованием местных перегревов, ведущих к диссоциации образуемого карбида, что в свою очередь вызывает излишнюю потерю энергии и материалов, нерегулярную работу, усиленное выделение пыли и горячих газов, которые затрудняют работу обслуживающего персонала, и значительный расход электродов при уменьшенной отдаче печи.



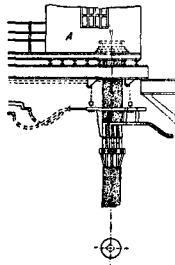
Фиг. 6.

Мощность печей, при начале развития карбидного производства не превышавшая 350—500 kW, в настоящее время доходит до 1 500, 3 000, 6 000 и даже 12 000 kW (последнее исключительно для трехфазных печей). Круглые печи на 1 000 kW имеют диаметр 2,25—2,5 м, квадратные печи той же мощности имеют сечение от 2,25 × 2,25 до 2,75 × 2,75 м. Современная трехфазная печь на 4 000—4 500 kW имеет следующие примерные размеры: длина 9 м, ширина 3 м и высота 2,5 м. При агрегатах большей мощности работа, вследствие высокой  $t^\circ$  и испарений из печи, в высшей степени затруднительна. На каждую т получаемого карбида кальция выделяется из печи около 0,44 т окиси углерода, CO, которая в печах с открытой шахтой по выходе из слоя шихты сгорает в углекислый газ, CO<sub>2</sub>.

Для улучшения условий работы и использования CO, что может возвратиться ок. 30% энергии, полезно затрачиваемой на выработку карбида, современная техник. мысль работает над конструкцией закрытой печи. Примером такой печи может служить изображенная на фиг. 6 печь, предложенная А. Гельфенштейном. Практич. осуществление закрытых печей встречает большие затруднения вследствие того, что CO с воздухом образует взрывчатую смесь. Так как весьма трудно при высоких  $t^\circ$ , господствующих в печи, достигнуть полной герметичности и избежать подсоса воздуха, работа с такими печами становится опасной, и часто случаются взрывы. В виду этого ни одна из существующих конструкций закрытых карбидных печей не получила широкого распространения в технике, и разработка таких печей носит пока экспериментальный характер.

Для получения в печи  $t^\circ$  ок. 3 000°, требующейся для хода непрерывного процесса, необходимо установить надлежащую плотность тока на электродах. Нижней границей плотности тока считается 2 A/cm<sup>2</sup>; верхний предел зависит от свойств материала электродов; при нагрузке 8—9 A/cm<sup>2</sup> угольные электроды накаляются докрасна по всей длине до зажимов. Для смешанного нагревания (вольтовой дугой и сопротивлением), применяемого в современных печах Гельфенштейна, установлено следующее правило; чем выше рабочее напряжение, тем больше д. б. взята плотность тока. При наиболее распространенных в настоящее время рабочих напряжениях в 50—90 V плотность тока должна находиться в пределах 3—6 A/cm<sup>2</sup> в зависимости от характера электродов. В карбидных печах применяются гл. обр. твердые обожженные электроды, изготовляемые из смеси малозольного антрацита, ретортного угля и нефтяного кокса с каменноугольной смолой и пеком (см. *Электроды*). Хорошие электроды должны обладать однородной структурой, высокой механической прочностью и высокой электропроводностью. В практике применяются электроды в форме цилиндров или брусков прямоугольного сечения. Наибольшие размеры электродов в американ. промышленности достигают 5 м длины при квадратном сечении до 95 × 95 см; в Зап. Европе электроды готовят длиной до 3 м при сечении до 60 × 60 см. Однако чаще применяются электроды меньших размеров (25 × 25 × 200 см; 40 × 40 × 250 см; и т. п.). При больших амперных нагрузках современных печей такие электроды собирают в пакеты. Весьма важную роль в конструкции печи играют зажимы для электродов, соединяющие медный проводник, подводящий ток к печи с электродом. В зависимости от размера печи, формы электродов и от того, применяется или не применяется водное охлаждение, типы зажимов бывают крайне разнообразны. Во всякого рода зажимах части, служащие для подвода тока, изготовляют из меди или бронзы; те же части, которые непосредственно прилегают к поверхности электродов, готовят из железа, стали или литой стали. Плотность тока для зажимов с водяным охлаждением допускает-

ся в 7—8 А на см<sup>2</sup> поверхности контакта; при отсутствии охлаждения она не должна превышать 3—4 А на см<sup>2</sup> контактной поверхности. В последнее время в карбидной



Фиг. 7.

промышленности начали получать широкое распространение т. наз. «непрерывные мягкие электроды» Зедерберга; они достигают нескольких м высоты, благодаря чему верхняя часть электрода находится на значительном расстоянии от раскаленной части печи в специально устроенной кабине А (фиг. 7). Электрод имеет рубашку из тонкого котельного железа с отверстиями на боковой поверхности для выхода газов; внутри рубашки располагается несколько железных ребер, придающих ей некоторую жесткость. Внутренняя полость рубашки заполняется специальной сильно спекающейся угольной массой. Работа по набивке и утрамбовке массы производится в упомянутой кабине, что дает возможность наращивать электрод сверху, не прерывая работы печи. Электроды Зедерберга значительно дешевле твердых угольных электродов, хотя, с другой стороны, расход их на 1 т К. к. приблизительно в два раза больше, чем обычных твердых, и они должны иметь большие размеры, так как амперная нагрузка их не должна превышать 3—4 А/см<sup>2</sup>.

Наиболее дорого стоящей частью печей большой мощности являются медные шины, связывающие электроды с трансформаторами. Эти шины на нек-ром протяжении д. б. обязательно гибкими, чтобы по мере израсходования электродов последние можно было опускать; вместе с тем шины должны допускать и передвижение электродов в стороны. По б. ч. они состоят из серии медных кабелей малого diam., примыкающих к жесткой части держателей электродов, состоящих из медных пластин. Нормальная плотность тока в шинах—до 1,5 А/мм<sup>2</sup>.

Амперная нагрузка печи регулируется перемещением подвижных электродов при помощи лебедок. На малых печах такие лебедки имеют ручной привод, а на больших печах с электродными пакетами они работают от моторов. В новейших установках часто пользуются автоматическими регуляторами Тьюри (Thury), изготовляемыми фирмой Гено (H. Guenod) близ Женевы, или регуляторами фирмы Сименс-Шуккерт.

Ход прои з в о д с т в а. Для получения 1 т К. к. согласно теоретическим подсчетам требуется 900 кг негашеной извести, СаО, и 560 кг углерода. Практический же расход материалов, в зависимости от конструкции печи, ее мощности и условий работы, показан в табл. 1.

Дозировка исходных материалов производится путем взвешивания каждого из продуктов, причем количество извести м. б. незначительно изменено в зависимости от того, какого качества желательнее получить

Табл. 1.—Расход материалов в кг в карбидных печах на т карбида кальция.

Материалы	Для периодич. печей	Для печей непрерывн. действия
Известь . . . . .	1 050—1 200	920—1 050
Конс. . . . .	800—1 050	600—700
(Или) антрацит . . . . .	—	640—700
(Или) древесный уголь . . . . .	1 200—1 500	800—950
Электроды (твердые)	40—70	15—35

продукт. Некоторый избыток извести благоприятствует реакции. Выгорание углерода шихты в открытых печах, происходящее от соприкосновения с воздухом, компенсируется углеродом электродов.

З-ды, эксплуатирующие одновременно несколько печей, устанавливают их обычно в одну линию в просторных помещениях с хорошей вентиляцией. Углеродистый материал и известь, предварительно раздробленные и смешанные в аппаратах, снабженных автоматич. весами, подвозят к верхней части печи транспортером, снабженным специальными ковшами для засыпки. На крупных заводах материалы подвозят в жел.-дор. вагонах прямо в заводские склады с сильно покатым полом, по которому они самотеком направляются к дробилкам типа Блека. После дробления эти материалы механич. элеваторами поднимают в специальные закромы, откуда они стекают в двое автоматическ. весов. С весов материалы одновременно передают на транспортеры, которые и сбрасывают их в один общий сток. Так. обр. приготовленная смесь подается при помощи вагонеток к электрич. печам в загрузочные ковши. При такой механизации один человек в течение 8 ч. может подготовить 20 т смеси.

В печах, работающих по принципу непрерывного процесса, можно получить до 3 выгусков в час. От глубины погружения верхнего электрода в смесь существенно зависит как количество загружаемой шихты, так и потери извести от испарения при перегреве. При правильной работе печи шихта, постепенно подогреваясь, опускается вдоль электрода к реакционной зоне. Зона плавления, измеряемая расстоянием от центра электрода до внешней границы жидкого карбида, зависит от количества теплоты, излучаемой единицей поверхности электрода. Для осуществления вполне правильной работы печи надо точно установить наиболее выгодную плотность тока, соответствующую плавлению данной шихты и образованию жидкого карбида; при недостаточной плотности тока не достигается полное восстановление извести, а при слишком повышенной—диссоциирует и частично испаряется получаемый карбид.

Современные карбидные печи дают около 6 кг К. к. на kW-сутки; исследования показывают, что больший кд м. б. получен только в печах мощностью не менее 3 000 kW. На некоторых иностранных заводах установлены трехфазные карбидные печи в 4 000, 8 000 и даже 15 000 kW, которые работают вполне удовлетворительно. С другой стороны, делаются попытки использовать для предварительного нагрева шихты энергию

окси углерода, образующейся при реакции получения карбида. Практич. значение утилизации СО видно из следующего приближенного подсчета: 1 кг СаО и 0,7 кг С дают 0,8 кг чистого СаС<sub>2</sub> или 1 кг коммерч. К. к. Считая  $\eta$  реакции в 3 000° и принимая теплоемкость СаО равной 0,2, а теплоемкость углеродистого материала 0,45, получаем количество тепла  $q$ , необходимое для нагрева первичных материалов до 3 000°:

$$q = (0,2 \cdot 3\ 000) + (0,45 \cdot 0,7 \cdot 3\ 000) = 1\ 545 \text{ Cal.}$$

По Форкранду количество тепла, необходимое для образования 0,8 кг СаС<sub>2</sub> из СаО и С,  $q' = 1\ 316 \text{ Cal}$ ; следовательно количество тепла  $Q$ , необходимое для получения 1 кг коммерч. К. к. (0,8 кг чистого СаС<sub>2</sub>):

$$Q = q + q' = 1\ 545 + 1\ 316 = 2\ 861 \text{ Cal};$$

1 kW-сутки = 20 650 Cal, следовательно отдача печи теоретически д. б.  $20\ 650 : 2\ 861 = 7,21$  кг карбида на kW-сутки. Если использовать в этом процессе теплоту сгорания окиси углерода, то при одном и том же расходе энергии кид печи значительно возрастет. Действительно, при получении 0,8 кг СаС<sub>2</sub> (1 кг коммерческого К. к.) выделяется 350 е СО, дающей при сгорании 850 Cal. Следовательно количество тепла, необходимое для образования 1 кг коммерч. К. к., будет  $2\ 861 - 850 = 2\ 011 \text{ Cal}$ , и теоретич. производительность печи возрастет до  $20\ 650 : 2\ 011 = 10,5$  кг К. к. на kW-сутки. Как указано выше, практич. выход в современных печах выражается в 6 кг на kW-сутки, следовательно кид достигает 85% без использования калорич. мощности СО; если же рассматривать это использование как возможное, то кид современной печи выражается только 57% теоретически исчисленной отдачи. Из этого подсчета видно, что тепловые потери при неиспользовании окиси углерода очень велики, и удачное разрешение вопроса хотя бы частичной ликвидации этих потерь имеет большое практич. значение.

Из печей, работающих по принципу непрерывного процесса, К. к. от 1 до 3 раз в час выпускается в огненно-жидком состоянии в чугунные изложницы соответствующей емкости, в к-рых он довольно быстро переходит в твердое состояние. Затвердевший карбид еще в горячем состоянии в виде слитков, достигавших веса 250 кг, перевозят при помощи механич. транспортных приспособлений в специальные сухие помещения для остывания. По прошествии 10—12 час. остывший карбид подвергают дроблению на механич. дробилках типа Блека. Раздробленный К. к. в зависимости от требований рынка поступает в упаковку либо в кусках без отсортировки (равномерный) либо рассортированный на куски определенных размеров. Карбид-разномерка имеет размеры кусков от 15 до 100 мм при среднем размере 25—40 мм; в таком продукте допускаются куски и менее 15 мм в количестве до 5% от общего веса. Сортированный К. к. делится на 3 или 4 сорта со следующими размерами кусков в мм:

15—20	}	15—25
20—40		25—40
40—80		40—100
60—100		

или

Кроме того на рынок выпускается К. к. в более мелких кусках, размерами 1—2 мм,

2—4 мм, 4—8 мм и 8—15 мм. Такой карбид в продаже часто обозначается как «гранулированный». Сортировка дробленого К. к. по размерам кусков производится во вращающихся сетчатых стальных барабанах или же на сотрясательных плоских ситах.

Среднее соотношение между весом и объемом продажного К. к. в зависимости от размера кусков, видно из табл. 2.

Табл. 2. — Соотношение между весом и объемом продажного карбида кальция.

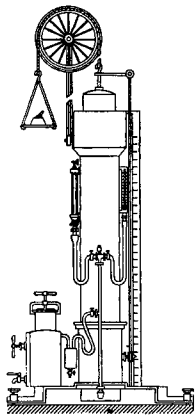
Размеры кусков в мм	Объем 1 кг карбида в л	Вес 1 л карбида в кг
От 4 до 15 . . . . .	0,91	1,10
» 15 » 25 . . . . .	0,84	1,19
» 15 » 40 . . . . .	0,87	1,15
» 15 » 100 . . . . .	0,83	1,2
» 40 » 100 . . . . .	0,86	1,16

В виду того что от соприкосновения с влагой К. к. разлагается, для хранения его требуется прочная герметич. тара, для чего служат цилиндрич. барабаны из корельного 4—4,5-кг железа. Для большей герметичности продольные швы делают в двойной фальц или проваривают автогенным способом или электросваркой, а для придания жесткости боковую поверхность крупных барабанов гофрируют. Загрузочные отверстия барабанов закрывают жестяной крышкой, прилегающей к донышку оловом, или же края крышки герметически закатывают на отогнутые края отверстий донышка. Во время транспортирования и хранения К. к. необходимо тщательно следить за герметичностью тары. Следует иметь в виду, что проникание внутрь барабана влаги даже через незначительные отверстия приводит в конце-концов к нарушению целостности барабанов, т. к. образующаяся от разложения известь занимает больший объем, чем карбид, из к-рого она получилась. При исправной таре К. к. может храниться без изменения неопределенно долгое время, а потому вскрывают только такое количество барабанов, какое требуется для работы в течение дня. Вскрытие барабанов следует производить осторожно, пользуясь для этого клещами и стараясь отделить крышку загрузочного отверстия по линии шпайки; необходимо избежать применения ударных инструментов в роде зубил, молотков и т. п., т. к. при ударе могут получиться искры и, при наличии внутри барабана взрывчатой смеси ацетилена с воздухом, привести к взрыву. По той же причине при вскрытии барабанов не следует применять напильных горелок и ламп. Выпускается К. к. обычно в барабанах весом по 100, 50, 30, 20, 10, 5 и 1 кг.

При отправке по ж. д. и на пароходах, согласно правилам НКПС, железные барабаны с К. к. должны быть упакованы в деревянные футляры для предохранения от проивания; исключение делается только для крупных повагонных отправок. Указания относительно устройства складов и порядка хранения К. к. имеются в обязательном постановлении Наркомтруда СССР от 14 января 1926 г. (опубликованном в «Известиях НКТруда» от 8 февраля 1926 г., № 4—5).

Технический анализ К. к. В виду того что ценность К. к. определяется гл. образом выходом ацетилена из его весовой единицы, технический контроль карбидного производства и определение качества продукта при приемках ограничиваются обычно определением выхода сырого (неочищенного) ацетилена из 1 кг карбида. Объем выделившегося ацетилена приводится к температуре  $15^\circ$  и давлению 760 мм Hg. Так как технический К. к. является неоднородным веществом, то отбор средних проб должен производиться особо тщательно. Для отбора пробы обычно существуют точные правила, излагаемые в описании стандартных норм, принятых в том или в ином государстве. Общепринятым прибором для технич. анализа К. к. является прибор О. С. А. Устройство его показано на фиг. 8. Он состоит из подвижного железного колокола со шкалой, железного бака и генератора ацетилена с принадлежностями. Генератор соединен с колоколом резиновой трубкой. Бак аппарата наполняется насыщенной ацетиленом водой. Колокол снабжен уравнивающим противовесом, к-рый играет большую роль во всех операциях анализа.

Как указано выше, 1 кг химически чистого  $\text{CaC}_2$  дает 348,7 л ацетилена (при  $0^\circ$  и 760 мм Hg). Технический К. к. считается доброкачественным, если 1 кг его дает от 280 до 300 л  $\text{C}_2\text{H}_2$ . К. к. с выходом ацетилена более 300 л на кг обыкновенно готовят лишь по специальным заказам; объясняется это тем, что по мере приближения качества карбида к теоретическому он делается менее плавким, вследствие чего непропорционально увеличивается расход электроэнергии. Практически количество и качество посторонних примесей в К. к. имеет гораздо большее значение, чем высокий выход ацетилена из него. Постоянными примесями К. к. являющиеся не реагирующие известь и уголь. Кроме того в



Фиг. 8.

техническом продукте всегда присутствует ферросилиций, получающийся гл. обр. из золотых элементов углеродистого материала; количество ферросилиция в отдельных партиях доходит иногда до 3% от веса карбида. В К. к. всегда присутствуют также сернистый и фосфористый кальций. Уменьшения количества трех последних примесей можно добиться только улучшением качества исходных материалов.

Применение. К. к. служит гл. обр. для получения ацетилена (см.); кроме того значительн. количества К. к. расходуются в производстве цианамиды кальция по способу Франка и Каро (см. Цианамид кальция).

Лит.: Федотов П., Электрометаллургия, ч. 3, П., 1922; Максимова М. С., Промышленная

Т. Э. т. IX.

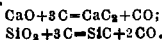
электрохимия. Курс литогр. лекций, Ленинград, 1927; Escaud J., Les fours électriques, Paris, 1924; Askensy P., Einführung in die technische Elektrochemie, В. 2, Braunschweig, 1916; Ullm. Enz., В. 2, 2 Auflage, 1928. П. Малков.

**КАРБИДЫ**, общее название соединений углерода с металлами (и нек-рыми металлоидами). Большая часть К.—кристаллическое вещество; К. металлов часто бывают окрашены в цвет исходного металла. Нек-рые из них имеют широкое применение в технике или сами по себе (напр. К. кальция, кремния, бора) или в виде сплавов с металлами. Приготовление специальных сортов стали, обладающих высокими механич. и химич. качествами, в значительной мере является проблемой, связанной с изучением свойств К. и их поведения в системах металл—углерод. Растворение углерода в металлах часто сопровождается образованием солеобразных соединений, к-рые можно рассматривать как производные (соли) ненасыщенных углеводородов, чаще всего—ацетилена. Вследствие того что последний является чрезвычайно слабой кислотой (приблизительно в 400 раз слабее угольной), его соли легко гидролизуются, выделяя свободный ацетилен. Классификация К. по их отношению к воде в настоящее время почти оставлена, хотя все попытки создания более рациональной классификации еще не привели к вполне удовлетворительному результату. Вопрос о химич. природе К., о характере связи между углеродом и металлами также нельзя считать выясненным в полной мере. Рентгенографич. исследование К. показывает, что в узлах их кристаллич. решеток по большей части находятся нейтральные атомы. Ионной решеткой (типа поваренной соли) обладают  $\text{TiC}$ ,  $\text{VC}$ ,  $\text{ZrC}$ ,  $\text{NbC}$  и  $\text{TaC}$ .

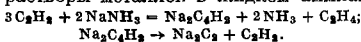
**Общие свойства К.** Температура плавления всех К. чрезвычайно высока; К. с не вполне насыщенным атомом металла (например  $\text{VC}$ ,  $\text{NbC}$ ,  $\text{TaC}$ ) обладают хорошей электропроводностью, равно как и К., у которых атомный объем металла больше атомного объема углерода (например  $\text{TiC}$ ,  $\text{ZrC}$ ). При испарении, происходящем лишь при очень высоких  $t^\circ$ , К. частично распадаются на углерод и металл. Химич. прочность К. тем выше, чем более электроотрицательным является металл, входящий в состав данного К.; напр. для  $t^\circ$ , при к-рой  $\text{Fe}_3\text{C}$  распадается полностью, диссоциация  $\text{Al}_4\text{C}_3$  еще весьма незначительна. При нагревании в атмосфере кислорода К. окисляются, образуя окись металла и  $\text{CO}_2$ ; при нагревании в атмосфере азота или аммиака они образуют нитриды; при нагревании до высокой  $t^\circ$  с S, Se и Te К. превращаются в сульфиды, селениды или теллуриды. Многие К. разлагаются водой с образованием ацетилена (напр. К. кальция,  $\text{CaC}_2$ ), метана (К. алюминия,  $\text{Al}_4\text{C}_3$ ) либо водорода и ацетилена (К. марганца,  $\text{Mn}_2\text{C}_3$ ) либо же, наряду с ацетиленом или метаном, образуют другие насыщенные и ненасыщенные углеводороды (напр. К. редкоземельных металлов). Другие К. не только не реагируют с водой, но и чрезвычайно устойчивы по отношению к кислотам (напр. К. молибдена или вольфрама). Большая часть известных К. выделена в индивидуальном состоянии; существование других доказано термохимич.

анализом. К. с большим содержанием углерода образуются при растворении углерода в расплавленных металлах при высоких  $t^\circ$ ; при охлаждении они распадаются с выделением избыточного углерода в виде графита. Склонность к образованию К. у некоторых элементов (напр. у Cr, Mo, Si) весьма велика, тогда как у других она выражена слабо (напр. у Mn). Элементы В, Se, С, Si, Ti, Zr, Nb и Ta, занимающие в периодич. системе места на границе между металлами и металлоидами, способны образовывать К. различного состава, из к-рых по крайней мере один отличается большой твердостью и устойчивостью по отношению к химич. воздействиям (таким «карбидом углерода» можно считать алмаз). Самым твердым телом из всех минеральных соединений является К. бора; далее твердость К. падает в порядке вышеприведенного ряда элементов.

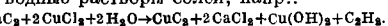
**Способы получения К.** Все К. металлов могут быть получены растворением углерода в расплавленном металле. Общим способом приготовления металл. К. является способ, применяемый в технике для получения К. кальция и кремния (см. *Карбид кальция*), заключающийся в восстановлении окиси металла углем:



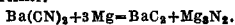
Нагревание обычно производится электрич. током, хотя возможны и другие присмы, приводящие к достижению высоких температур (например сжигание избыточного угля шихты вдуванием кислорода). Для восстановления окисей иногда вместо угля пользуются К. кальция. Некоторые К. могут быть получены при относительно низких  $t^\circ$ . Так например,  $\text{V}_2\text{C}_5$ ,  $\text{CdC}_2$ ,  $\text{Al}_4\text{C}_3$  и  $\text{ZnC}_2$  были приготовлены пропуская металл над соответствующими металлами, нагретыми до 450—500°. К. щелочных и щелочноземельных металлов м. б. получены действием ацетилен на растворы металлов в жидком аммиаке:



Нек-рые К. получают действием К. кальция на водные растворы солей, напр.:



Кроме К. меди этим путем удается приготовить  $\text{HgC}_2$ ,  $\text{FeC}_2$ ,  $\text{NiC}_2$  и  $\text{CoC}_2$  из их хлоридовородных солей и PbC<sub>2</sub> из их уксуснокислой соли. Из цианидов карбиды получают восстановлением при помощи металлического магния:



Технич. использование карбидов за последнее время развилось весьма сильно. Особенно важное значение имеют К. кальция и К. кремния (см. *Карборунд*). К. применяются для изготовления электродов, электрических сопротивлений, сверл, буров и т. д.

**Важнейшие представители К. К. алюминия**,  $\text{Al}_4\text{C}_3$ ,—желтые прозрачные кристаллы, удельн. веса 2,36. Чистый К. алюминия может быть приготовлен: 1) нагреванием при высокой  $t^\circ$  алюминия с углем в атмосфере водорода, 2) из порошкообразного Al и сажи или графита в струе кислорода, 3) при нагревании  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с К. кальция в электрич. печи. При 2 200°  $\text{Al}_4\text{C}_3$  (в атмосфере водорода,

при 760 мм) разлагается на графит и Al (с примесью С). При действии воды на К. алюминия образуется метан, к к-рому обычно бывает примешан водород вследствие наличия в  $\text{Al}_4\text{C}_3$  примесей металл. Al и другого К., менее богатого углеродом (возможно  $\text{Al}_2\text{C}_3$ ). При нагревании в струе кислорода К. алюминия образует CO и окись алюминия, в азоте—нитрид. К. алюминия применяется для освобождения стали от примесей O, S и P, для восстановления окисей металлов и для получения безводного  $\text{AlCl}_3$  посредством пропускания сухого HCl над смесью карбида и металла. Al.

К. бария  $\text{BaC}_2$ , готовится аналогично К. кальция, из BaO или  $\text{BaCO}_3$  и угля в электрич. печи; он м. б. также получен восстановлением углем сернокислого бария; при этом наряду с  $\text{BaC}_2$  образуются BaS и BaO. Удельный вес  $\text{BaC}_2$  3,75. С водой  $\text{BaC}_2$  выделяет ацетилен. При 680—700° поглощает азот, переходя в цианид и цианамид бария. Был предложен в качестве исходного продукта для приготовления синтетического ацетальдегида через ацетилен. При действии  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  или NaOH при 600° дает бензол, нафталин и антрацен, с преобладанием первого:  $3\text{BaC}_2 + 3\text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{C}_6\text{H}_6 + 6\text{BaO}$ .

Карбид бария может служить для получения  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .

**К. бора**. Из трех известных К. бора— $\text{B}_2\text{C}$ ,  $\text{B}_3\text{C}$  и  $\text{B}_4\text{C}_2$ —техническое значение имеет лишь первый.  $\text{B}_3\text{C}$  образуется непосредственно из элементов. Технич. способ приготовления его заключается в нагревании при 2 500° окиси бора,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , с углем. Исходным продуктом для приготовления  $\text{B}_3\text{C}$  служит также минерал борнит.  $\text{B}_3\text{C}$ —твердые, плотные кристаллы, по внешнему виду похожие на металл; величина кристаллов сильно зависит от скорости кристаллизации.  $\text{B}_3\text{C}$ —электропроводен. Уд. в. 2,7; твердость выше корунда (по некоторым исследованиям выше алмаза);  $\text{B}_3\text{C}$  менее хрупок, чем К. кремния; применяется для шлифовки алмазов, резки стекла, обработки карборундовых и наждачных кругов, для приготовления горных буров и т. д. В смеси с корундом  $\text{B}_3\text{C}$  применяется для приготовления шлифовальных порошков, а также и как огнестойкий материал, для изготовления электродов и электрич. сопротивлений. Электрич. сопротивления из К. бора устойчивы даже в пламени вольтовой дуги. Прессованный уголь можно частично превращать в карбид бора посредством прокалывания в смеси угля и борной кислоты; в таком виде он пригоден для изготовления электродов дуговых ламп, электродных клемм и т. п.

**К. вольфрама**, WC,—серый кристаллический порошок; уд. в. 15,9; тверже кварца. Плавится при 3 150°, при высоких  $t^\circ$  переходит в карбиды с меньшим содержанием С. Концентрированные  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HNO}_3$  только медленно действуют на WC; получается WC из металлического W и угля при  $t^\circ$  электрической печи. Другой К. вольфрама,  $\text{W}_2\text{C}$ , получается сплавлением  $\text{WO}_3$  с углем;  $\text{W}_2\text{C}$ —серый порошок, тверже корунда, удельн. веса 16,06; в отличие от металлического вольфрама и от WC, он реагирует с газообразным хлором при 300—400°. Важное технич.

значение имеют смешанные карбиды вольфрама и других металлов (особенно Fe и Mo) в сплавах с металлами. Соединение состава  $3W_2C \cdot 2Fe_3C$  находится в ферровольфрамовых сталях. Цементация чугунов изделий посредством их погружения в расплавленный ферровольфрам с содержанием до 0,5% C имеет целью образование на поверхности чугуна твердого и химически устойчивого слоя из K. вольфрама. Смешанному K. вольфраму и хрома присписывают состав, отвечающий формуле  $W_2C \cdot 3Cr_3C$ ; такой K. представляет собою кристаллич. вещество с весьма большой твердостью. Различные металлич. предметы м. б. покрыты слоем K. вольфрама посредством их нагревания при 400° в смеси амальгамы вольфрама с маслами или углеводородами. Специальные вольфрамовые стали содержат K. вольфрама в количестве от 1 до 20%. Для приготовления в технике чистого K. вольфрама с твердостью 9,8 были сконструированы печи, дающие  $t^\circ$  выше обычной  $t^\circ$  вольфовой дуги. Этим путем из K. вольфрама м. б. изготовлены различные фасонные предметы, находящие разнообразное применение в шлифовальной и буровой технике. Путем прокаливания алмазной пыли в электрич. печи с K. вольфрама и молибдена приготавливаются продукты (в о л о м и т ы), отличающиеся высокой твердостью и применяемые для изготовления буровых сверл и т. п.

K. железа,  $Fe_3C$ , — белые блестящие кристаллы, с уд. в. 7,04—7,07.  $Fe_3C$  может быть выделен из стали посредством обработки последней к-тами; при этом, чем слабее к-та или чем меньше ее концентрация, тем больше выход K. В сухой атмосфере  $Fe_3C$  устойчив, во влажной — окисляется; водяным паром при  $t^\circ$  красного каления разлагается на закись-окись железа, водород, CO и  $CO_2$ . Кроме  $Fe_3C$  существует еще ряд K. железа. Изучение систем железо—углерод имеет большое значение для понимания процессов, протекающих при образовании сталей, их закалке и отжиге.

K. кальция,  $CaC_2$ , см. Карбид кальция.

K. кремния,  $SiC$ , см. Карборунд.

K. магния,  $MgC_2$ , получается при нагревании металлического Mg с углем или в атмосфере CO. С водой он реагирует с образованием ацетилена, но менее энергично, чем K. кальция. Технический интерес представляет приготовление K. магния из обожженного доломита, который при нагревании с углем в электрической печи дает смесь K. магния и K. кальция; эта смесь с водой дает выход ацетилена на 12% больше, чем выход из чистого  $CaC_2$ .

K. марганца,  $Mn_3C$ , — вещество металлического вида; его  $t^\circ_{пл.}$  1 217°, уд. вес 6,89, мягче гипса, кислотоустойчив, парамагнитен. Существование других K. марганца пока точно не установлено.

K. молибдена. С достоверностью доказано существование K. состава  $MoC$  и  $Mo_2C$ ; вероятно также  $Mo_3C$  и  $Mo_4C$ . Технич. значение K. молибдена основано на их применении в сплавах с металлами (Fe и Cr) и с K. вольфрама (быстрорежущая и инструментальная стали, а также кислотоупорные и нержавеющие сплавы).

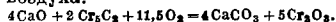
K. натрия,  $Na_2C_2$ , получается при пропускании ацетилена над металлическим натрием; уд. вес 1,575; при 290° он полностью разлагается на графит и натрий. Весьма вероятно, что K. натрия образуется как промежуточный продукт при получении  $NaCN$  из азота, соды и угля в присутствии железного катализатора:



■ K. т и т а н а,  $TiC$ , — кристаллическое вещество;  $t^\circ_{пл.}$  3 127—3 227°, твердость между 9 и 10, электропроводность (1,8—2,5)  $10^{-4}$  мо-см. Приготавливается из  $TiO_2$  путем нагревания с углем при 1 700—1 800°; может быть также получен непосредственно из минерала рутила (1 кг рутила и 450 г угля). Химически устойчив; растворяется только в горячей парской водке; воляной пар на  $TiC$  не действует даже при 700°.  $TiC$  применяется для изготовления электродов дуговых ламп; добавление K. хрома, а также серы или селена значительно повышает продолжительность работы таких электродов. Для той же цели пользуются смесью  $V_4C$ ,  $TiC$  и угля.  $TiC$  применяют также и в качестве защитного покрытия в электрических печах сопротивления, для изготовления огнеупорных тиглей и для технич. получения четыреххлористого титана,  $TiCl_4$ .

K. у р а н а,  $UC_2$ , — кристаллы с металлич. блеском; тверже горного хрусталя, но мягче корунда;  $t^\circ_{пл.}$  около 2 260°, при этой же темп-ре  $UC_2$  испаряется. При разложении водой он дает водород и смесь предельных углеводородов ( $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$  и т. д.); при растрении в стружке на воздухе воспламеняется. Получается сплавлением металлического урана или его окислов с углем. Рекомендован как катализатор для синтеза аммиака из элементов.

K. х р о м а. С достоверностью известны два K. хрома:  $Cr_2C_2$  и  $Cr_3C_2$ . Первый получается сплавлением металла с 4—8,5% угля и последующим растрением сплава с холодной соляной к-той; представляет собою кристаллич. вещество с серебристым блеском; уд. в. 6,9;  $t^\circ_{пл.}$  1 665—1 700°; в царской водке не растворяется, конц. соляной кислотой разрушается медленно; в присутствии веществ, связывающих  $CO_2$ , поглощает кислород воздуха:



В случае применения  $CaO$  в качестве вещества, связывающего  $CO_2$ , реакция протекает при  $t^\circ=456^\circ$ , в случае  $SiO$  при  $t^\circ=403^\circ$ , и —  $CaO$  при 243°.  $Cr_3C_2$  получается аналогичным путем, но угля д. б. взято больше, чем 9,6%;  $Cr_3C_2$  — вещество с жирным блеском; удельн. в. 5,6; тверже кварца, но мягче корунда; плавится при 1 890° (с разложением); к-ты на  $Cr_3C_2$  не действуют, при сплавлении с КОН он медленно разрушается. Сплавы хрома с содержанием углерода больше, чем 8,5%, в соляной к-те не растворяются. K. хрома в сплавах с другими металлами придают последним кислотоупорность. Эти свойства и повышенная твердость определяют большое значение хромовых сталей в промышленности; особенно важное значение имеют смешанные карбиды железа и хрома, обуславливающие высокие качества феррохромовых сталей.



Лит.: Уилл. Энз., 2 Aufl., B. 3, 1929; A h r e n s F. B., Metallkarbide u. ihre Verwendung, Stg., 1896; B e r g r e e n P. H., Bibliography on the Different Forms and Combinations of Carbon with Iron, «Bull. Amer. Inst. Mining Engineers», N. Y., 1914; B e r t h e l o t, «Chim. Feuille», 1901; G u r t h i e r W., Metalllographie, B., 1913; H o l z s c h m i d t O., Karbide und Nitride, Halle, 1914; M a t t h e w s J., Review and Bibliography of the Metallic Carbid., Wsh., 1898; G o m s a n n H., Le four électrique, P., 1897; K o h r e s c h, Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis d. Kohle, B. 2, p. 203, Berlin, 1917. С. Медведев.

**КАРБОКСИЛ**, группа  $\text{—COOH}$ , характери-

зующая так наз. карбоновые кислоты. См. *Кислоты органические*.

**КАРБОЛИНЕУМ**, антисептик, продукт для пропитывания дерева с целью защиты его от гниения. К. представляет собою смесь антисептиков и каменноугольной смолы, из которой предварительно выделены ценные продукты (бензол, нафталин, фенолы, антрацен и другие). См. *Дерево, консервация* дерева.

**КАРБОЛИТЫ**, класс альдегидно-фенольных смол (см.) кислой конденсации, получаемых преимущественно из технич. трикрезола и формальдегида в присутствии и с участием в конечном продукте нафеновых или ароматич. сульфокислот (так наз. контакта). Вследствие неустановленности терминологии синтетич. смол К. в настоящее время невозможно точно отграничить от бакелитов (см.). В некоторых К. функция крезола несет фенол, функцию формальдегида — фурфурол. В отличие от бакелитов, получаемых гл. обр. конденсацией в основной среде, карболиты конденсируются чаще в среде кислой. Отношение ускорителя процесса к готовому продукту конденсации сложно и не вполне выяснено: кроме каталитического действия ускоритель повидимому непосредственно участвует в реакции, и кроме того он входит в продукт как своеобразный наполнитель.

Конденсации крезолов с формальдегитом и другие конденсации в кислой среде изучены в технич. исследованиях группой русских химиков (П. П. Шестаков, В. И. Лисев, Г. С. Петров, К. И. Тарасов, А. Н. Петров), работавшей с 1910 года и в 1914 году выдвигавшей производств. работами. Основным заводом «Карболит» торговым домом Васильева и К° в 1914 г. в деревне Дуровное, возле г. Орехово-Зуева, было началом карболитового дела и производств. синтетических смол в России. С 1928 г. этот завод вошел в состав Треста сызана.

Виды К. Наиболее важен К. л и т о й, по своим технич. свойствам близкий к эбониту, целлону и плотной древесине, но с существенным преимуществом — способностью отливаться в формах. Имеется большое число марок литого К., но многие из них еще мало изучены и не усвоены промышленностью. Наиболее известны следующие марки К.: 1) фенольный с формальдегидом (Ф); 2) крезольный с формальдегидом (К); 3) крезольный с формальдегидом, жирнокислотный (Ж); 4) крезольный фурфурольный (Фур); 5) фенольный с формальдегидом, кастровый; 6) прозрачный (Пр); 7) щелочной кальциевый; 8) щелочной бариевый; 9) скипидарный; 10) белковый; 11) крезольный, обезвоженный проваркою при  $t^{\circ} > 100^{\circ}$  в высыхающих или полувсыхающих маслах — «а», «б», «в», «г»; 12) крезольный, обезвоженный обработкою нагретыми растворами (нефтяными дистиллятами), ароматическими углеводородами, хлорирован-

ными углеводородами; 13) крезольный с огнестойкостью, повышенной путем введения хлорированных углеводородов; 14) крезольный с формальдегидом и сульфированным толуолом. Вторую группу К. составляют продукты, близкие к предыдущим, но не доведенные до полимеризации и остающиеся временно или навсегда в промежуточном состоянии; 15) К.-сырец, фенольный, крезольный или жирнокислотный, поставляемый в жидком виде для отливки, заливки или склеек на месте потребления; 16) смолы, заменяющие шельлак; 17) такие же смолы в спиртовых или масляных растворах, применяемых как лаки, с полимеризацией и без полимеризации; 18) лаки для разных целей, гл. обр. для изготовления пертинакса, для пропитки полотна, бумаги, споды и т. д. Третью группу составляют К. с наполнителями, обрабатываемые штамповкой (такой штампования и й К. поставляется как в сыром виде, для штамповки на месте, так и в виде готовых изделий); 19) К. в пасте, для холодной штамповки на ручных прессах; 20) К. в порошок, для горячей штамповки на гидравлич. прессах; 21) К. в пасте, для горячей штамповки. В дальнейшем описываются свойства преимущественно литого К. марок «Ф», «К» и «Ж».

С в о й с т в а К. Карболит превосходно поддается механической обработке на токарном станке, рубанком, фрезером, сверлитесь, принимает винтовую нарезку, шлифуется и полируется. При покрытии его карболитовым же лаком получается вполне однородная пленка, к-рая не отслаивается при изменениях  $t^{\circ}$ , действию влажности и т. п. Отдельные части из К. могут склеиваться карболитовою же смолою, связывающей их после прогреть в монолитное целое. Кроме того возможна заливка в К. железных частей: такие изделия вследствие близости коэф-тов расширения железа и К. не страдают от изменения  $t^{\circ}$ , и железо оказывается прочно зажатым в карболитовые заделки.

При механич. обработке К. весьма важно, чтобы скорости и геометрия форм инструментов были подобраны правильно. Так, при обработке на токарном станке рекомендуется скорость резания 30—42 м/мин и скорость подачи 0,15—0,20 мм за 1 оборот. Прочной резац должен иметь радиус закругления 3—4 мм, угол резания  $90^{\circ}$  и угол заступа 25—40°. Отрепной резац берется такой же, но с вогнутыми, радиуса 25—75 мм; боковыми поверхностями. При винтовой нарезке наиболее удобен резац с углом резания 95° и углом зазора 15—20°; нормальная стружка в начале резания должна быть 0,15—0,30 мм толщиной, а затем постепенно уменьшаться до толщины 0,05 мм и далее. Сверление К. рекомендуется вести лопаточными сверлами, при скорости резания 15—30 м/мин, в зависимости от марки К., и при подаче, равной 0,05—0,4 мм. При фрезеровке зуб делается с углом заострения 60—75° и углом резания 90°; скорость резания т. б. 18—30 м/мин, а подача фрезерного стола 15—150 мм/мин. Разрезание карболитовых листов ведется циркулярными пилами с боковыми поверхностями, сточными к центру под углом друг к другу в 20—30°; скорость допущается 300—480 м/мин, а подача 30—300 мм/мин. Отделка поверхности К. slagается из шлифовки (наждачным полотном и пемзой) и полировки (мастиной).

Естественный цвет К. различен. Так, прозрачный К. (Пр) стекловиден, с легким желто-розовым оттенком, но через несколько лет он приобретает интенсивную красно-оранжевую окраску, сохраняя прозрачность. Фурфурольный К. (Фур) — черного цвета; крезольный (К) и фенольный (Ф) — светло-

серые, быстро буреющие; жирнокислотный К. (Ж)—серо-желтого цвета. Смолу фенольного К. (Ф), особенно фенольно-насторового, можно красить искусственно в самом процессе изготовления в любые цвета, предпочтительно темные. Штампованный К. (Ш) обыкновенно поступает в продаже черным. Возможна также прокраска готовых изделий из карболита.

По своему строению литой К. изотропен и в этом отношении выгодно отличается от других альдегидно-фенольных изоляционных материалов, представляющих диэлектрики слоистые. Микроструктура карболита представляет сложную дисперсную систему, тонкость которой возрастает слева направо по маркам: Ш, Ф, К, Ж, Фур, Пр. Марки Ф, К, Ж, Фур структурно родственны между собою и м. б. охарактеризованы как отвердевшие эмульсии. В отношении механич. деформаций К. при растяжении следует отметить высокую упругость его, особенно марки К; удлинение при разрыве не превосходит 0,0004%. При сушке К. теряет до 8,5% влаги; при погружении К. в воду происходит, наоборот, поглощение ее в количестве до 0,5%. В химическом отношении К. стоек к воде, маслам, кислотам, органич. растворителям (кроме ацетона) и в нек-рых случаях (для щелочных карболитов) к щелочам. Наиболее слабое место К.—его повреждаемость окислами азота и азотной к-той, а также крепкими щелочами. В отношении 25%-ной серной к-ты К. может считаться практически вполне стойким. Низкие  $t^{\circ}$  не отражаются на свойствах К. Различные марки К. выдерживают длительное нагревание до 100° (Ф)—150° (Ж) и временное повышение  $t^{\circ}$  до 270° (Ф)—350° (Ж); сорт К. занимает промежуточное положение. Огнестойкость К. может быть повышена введением хлорированных углеводородов. Объемное удельное сопротивление К. при повышении  $t^{\circ}$  усложненно падает, причем скорость этого падения возрастает с градиентом приложенного напряжения. При возрастании  $t^{\circ}$  от 0° до 60—70° сопротивление уменьшается примерно в 18 раз. Поверхностное удельное сопротивление К. (оцениваемое высшим баллом 5 по сист. Союза герм. электриков) не падает после вымачивания К. в воде и уменьшается лишь в 3—4 раза после действия ультрафиолетовых лучей. В отношении диэлектрич. крепости К. (марок К и Ж) необходимо отметить ее малую зависимость от температуры в интервале от -10° до +110°. Сводка данных о свойствах К. представлена ниже в таблице.

Производство К. В качестве «контакта» при конденсации исходных материалов применяются обычно сульфонафтаеновые к-ты ( $C_{10}H_{25}SO_3$ ), с успехом заменяемые иногда сульфированным толуолом, бензолом и т. д. Что касается трикрезола, то получение литого карболита требует возможно большего содержания в нем м-крезола, тогда как для лаковых смол наиболее выгодно значительное содержание о-крезола. В конденсирующуюся смолу вводят в некоторых случаях жирные к-ты, белки, смолы. Химический характер процесса в грубом приближении подобен таковому же при конденсации

бакелита. Из производственных особенностей выгодно отличает К. от бакелита возможность вести конденсацию без применения давлений, а также изготавливать большие отливки и крупные изделия из одного Сравнительные данные о физических свойствах карболитов.

Свойство	Литые карболиты		
	«Ф»	«К»	«Ж»
Поверхностное электрич. сопротивление при 50% относ. влажности, $\Omega \cdot \text{см} \dots$	$5,8 \cdot 10^{11}$	$4,6 \cdot 10^{12}$	$4,6 \cdot 10^{13}$
Объемное электрич. сопротивление при комн. $t^{\circ}$ , $\Omega \cdot \text{см} \dots$	$5,4 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^{11}$	$5,5 \cdot 10^{13}$
Угол свдига фаз (угловые градусы) . . .	27°	3,6°	1,5°
Диэлектрич. коэф. $\epsilon$	5,7	3,5	2,7
Диэлектрич. крепость $\text{kV/mm}$	10	11	12
Разрывающее усилие, $\text{кг/см}^2$ . . . . .	184	144	120,3
Раздавливающее усилие, $\text{кг/см}^2$ . . . . .	863	999	771
Изгибающее усилие, $\text{кг/см}^2$ . . . . .	637	445	401
Вода, поглощенная за 24 ч., % . . . . .	0,30	0,25	0,18
Плотность, $\text{г/см}^3$ . . . . .	1,18	1,12	1,13
Механич. теплоустойчивость (по англ. нормам), $^{\circ}\text{C}$ . . . . .	70°	120°	100°
Огнестойкость (по герм. нормам) . . . . .	1	1	1
Коэффициент теплового расширения при 20—60° . . . . .	$93 \cdot 10^{-6}$	$75 \cdot 10^{-6}$	$120 \cdot 10^{-6}$
Теплопроводность, $\text{кал/см} \cdot \text{сек} \cdot ^{\circ}\text{C}$ . . . . .	$100 \cdot 10^{-5}$	$65 \cdot 10^{-5}$	$51 \cdot 10^{-5}$
Теплоемкость, $\text{кал/г} \cdot ^{\circ}\text{C}$ . . . . .	0,48	0,46	0,46
Твердость по Бринеллю при нагрузке 300 кг, в $\text{кг/мм}^2$ . . . . .	24	31	25
Твердость по Шору, с тверд. молотк. . . . .	45	59	53
Твердость по Мартенсу, $\text{з/0,01 мм}$ . . . . .	3,2	3,4	4,6
Твердость по Мосу . . . . .	2,6	2,7	2,8

куска. Все видоизменения процесса производства К. трудно охватить общей схемой; поэтому ниже приводится лишь один из наиболее простых рецептов. На 10 вес. частей технич. трикрезола берут 7 вес. ч. 40%-ного продажного формалина; сюда же добавляется 3% (от веса трикрезола) «контакта». При непрерывном перемешивании смесь нагревают в кубе до момента бурного вскипания—образования синтетич. смолы (с выходом 13 вес. частей) и водного слоя. Этот последний отделяют, а смолу обезвоживают нагреванием при 75—80° в вакуум-аппарате в течение нескольких часов. Затем в нее вводят еще 2—3 вес. ч. 40%-ного формалина и некоторые другие вещества (наполнители, окрашивающие вещества); жидкую массу разливают по формам, в к-рых она полимеризуется нагреванием в течение нескольких часов в особых печах при 60—80°. Затвердевший и полимеризованный К. подвергается просушке при 125° в сушильном шкафу в течение около одного часа. Далее, к полученному карболиту применяется, если нужно, механическая обработка: полировка, лакировка и т. д. В некоторых случаях конденсация ускоряется иными катализаторами, а нафтаеновые сульфокислоты вводятся уже после процесса обезвоживания смолы.

Для производства штампованных К. количество катализатора увеличивают и в смолу вводят твердые наполнители, минеральные (напр. асбест, слюда, тяжелый шпат, переработанный кварц) или органические (напр. старый и бракованный К., кокосовая скорлупа, древесина, гидроцеллюлоза), достаточно измельченные. Т.о. получается либо вязкое карболитовое тесто либо порошок. Тесто может подвергаться как горячей, так и холодной штамповке; последняя требует дальнейшей полимеризации изделий в сушильных шкафах. Карболитовый порошок (а иногда и карболитовое тесто) штампуются горячим способом, полимеризуясь непосредственно в матрицах.

Применение К. Пособокуности физич. свойств К. представляет материал, применимый в электропромышленности как слабых, так и сильных токов (изоляторы для внутренних установок, щиты, аппаратура, измерительные приборы, радиотехнич. аппаратура), в электрическом и общем аппаратуре и машиностроении (подшипники, валы, части текстильных машин, валики пилюющих машин), в подоложной (пуговицы, гребни, бусы, ручки для «вечных» перьев, зажималки, портсигары, линейки, лекала и пр.), в текстильной и в химической промышленности (кружки и фильтры для производства вискозы, облицовка ванн, сосуды), в оборудовании лабораторий, в производстве предметов медицинского и гигиенического назначения. Кроме этих разнообразных применений следует отметить два новых, еще не вошедших в практику: 1) пропитка К. древесины (см. *Дерево, электоизоляция*), которая дает электроизоляционный и другого назначения материал высокого качества, и 2) использование К. в хирургии, в частности при риноэластических операциях, в качестве искусственной кости.

*Лит-р.*: Карболин, его производство и свойства, под ред. П. А. Лоренцо, «Группа гос. энциклоп. элетротехнич. па-та», М., 1928, вып. 21; Петров Г. С., Сульфокислоты нефтяных углеводородов, их применение в промышленности, «Нефт. и сланц. хоз.», М., 1922, 6-6, стр. 279-288; е го ж е, Продукты конденсации фенолов с альдегидами и их диэлектрические свойства в зависимости от исходных материалов и способов конденсации, «Группа хмич. ин-та им. Л. Я. Карлова в Москве», 1923, 1, стр. 115-129, с рис.; Пластические продукты конденсации фенолов с альдегидами и их отношение к химическим реагентам, там же, 1926, вып. 3, стр. 74-80; Petroff G. S., Karbolit, ein Kondensationsprodukt von Phenolen mit Aldehyden, «Kunststoffe», München, 1926, Jg. 16, s. p. 81-83. П. Флоренский.

### КАРБОЛОВАЯ КИСЛОТА, см. Фенолы.

**КАРБОНИЗАЦИЯ шерсти** и полшерсти заключается в обработке их при нагревании растворами кислот или кислых солей или средних солей, выделяющих кислоты при гидролизе, с целью удаления растительных примесей. Мытая рунная шерсть обычно содержит некоторое количество растительных частиц в виде щипецек репейника, остатков корма, соломы и других, к-рые при механич. обработке (трепани, кардочесании) полностью не удаляются и попадают далее в ткань. Находясь в ткани, они при крашении кислотными, хромировочными и другими красителями не окрашиваются, а остаются в виде белесоватых точек; кроме того они делают ткань шерохова-

той. Удаление этих частиц вручную при помощи пинкетов или закраивание их т.п. тинктурами является делом кропотливым и в большинстве случаев не достигающим цели; поэтому для удаления растительных частиц применяют К. Для выделения шерсти из полшерстяного триппа, состоящего из хлопка и шерсти, тоже прибегают к К., получая при этом т.н. экстрактивную и скучивленную шерсть.

К. основана на гидролизе (см.) растительных частиц, состоящих гл. обр. из целлюлозы. Под действием кислот ( $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ), кислых солей ( $NaHSO_4$ ) и некоторых средних солей ( $AlCl_3$ ,  $MgCl_2$ ), гидролизующихся с образованием  $HCl$ , целлюлозные волокна при повышенной  $t^\circ$  превращаются в безструктурные вещества (целлюлозу А, гидроцеллюлозу, декстрины целлюлозы), которые легко удаляются выколачиванием и промывкой. Шерстяные волокна при К. не изменяются или изменяются лишь незначительно (имеются однако указания, что неосторожно проведенная К. может вызвать ослабление прочности шерстяного волокна). Наряду с гидролизом целлюлозы происходит также и образование темно окрашенных веществ (повидимому продуктов пирогенного разложения, конденсации и т.п.), а также наблюдается выделение углерода (по всей вероятности в результате отнятия воды от целлюлозы). Выделение углерода и дало повод называть этот процесс (совершенно неправильно) карбонизацией, т.е. обугливанием.

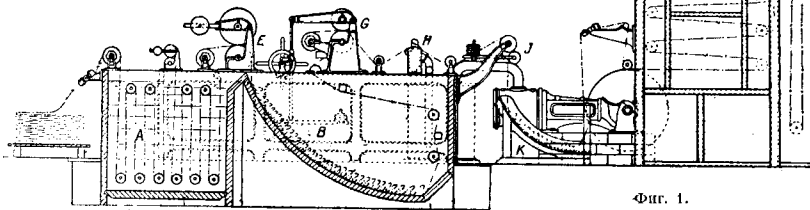
Различают мокрую и сухую К. Мокрая К. заключается в обработке шерсти при повышенной темп-ре (40-80°) растворами  $H_2SO_4$  или  $NaHSO_4$ . Сухая К. состоит в том, что шерсть сначала пропитывают растворами кислот или указанных выше солей, отжимают избыток их на центрифугах или отсасывают (продувают), а затем ткань или рунную шерсть подвергают высушиванию и собственно К. («выжиганию») при 90-150°. При постепенном нагревании растворы указанных гидролизующих веществ концентрируются и вызывают разрушение растительных частиц. Сухой К. называют также К. полшерсти, производимому газообразным  $HCl$ . В качестве гидролизующих (карбонизирующих) средств применяют растворы  $H_2SO_4$  (3-5% Вé) при 90-110° (сухая К.) и при 40-80° (мокрая К.),  $NaHSO_4$ ,  $MgCl_2$  (5-13% Вé при 130-250°) и  $AlCl_3$  (6-7% Вé при 125°). В настоящее время наиболее распространенной является сухая карбонизация серной кислотой для шерсти и газообразным  $HCl$  для полшерсти;  $NaHSO_4$ ,  $MgCl_2$  и  $AlCl_3$  применяют редко, т.к.  $MgCl_2$  и  $AlCl_3$  требуют для К. высоких температур (125-150°), могущих вызвать ослабление шерстяного волокна. Кроме того при К. этими солями образуются нерастворимые гидраты  $Mg(OH)_2$  и  $Al(OH)_3$  или же основные соли, требующие для их растворения дополнительной кислоты. Обыкновенно после процесса К. следует промывка, нейтрализация раствором соды крепостью 3-5% Вé и вторичная промывка шерсти.

**Н. шерсти.** К. подвергается как мытая рунная шерсть, так и мытая ткань. Если шерсть сильно засорена растительными

частичами и удаление их механич. путем затруднительно, го. во избежание засорения прочесного аппарата, такую шерсть подвергают К. после промывки. Карбонизованная шерсть в виде руна при последующем крашении, даже в случае неровной окраски, не дает неровно окрашенной ткани, т. к. при механич. обработках в аппарате и ткацком отделении имевшиеся на шерsti пороки выравниваются и делаются незаметными. Имеются однако указания, что карбонизованная шерсть обладает худшей способностью к прядению и валянию, чем шерсть некарбонизованная. Карбонизацию шерsti в виде ткани производят суровьем после промывки, после валки до крашения и после валки по крашению. Чаще всего ткань карбонизируют после валки, хотя до валки ткань бывает рыжее и растительные частицы быстрее и лучше разрушаются. При последнем способе К. требуется однако лишняя операция промывки суровья—операция, производимая не для всех сортов ткани. При карбонизации после валки представляется нек-рая опасность в смысле возможности получения красильного брака вследствие неровной окраски, особенно при неосторожной К. Неравномерный отжим кислоты, неравномерные сушка и «выжигание» влекут за собою неоднородность проработки шерстяного волокна, что служит при-

и кожих которой освинцованы или покрыты кислотоупорной эмалью. После отжима шерсть содержит около 50—60% влаги (по весу сухой шерsti); ее направляют в карбонизационную сушилку, где происходит сушка при 40—45° и К.—удаление растительных частиц при 100—110°. Карбонизационные сушилки для рунной шерsti бывают периодические (камерные с ящиками) и непрерывные (с металлическими транспортирующими сетками). Карбонизация рунной шерsti практикуется редко; чаще подвергают карбонизации готовые ткани.

б) К. шерстяных тканей производится на установках периодических или непрерывных. При К. на установках периодич. действия шерстяная ткань предварительно замачивается жгутом в деревянной освинцованной барке типа *гарантинной барки* (см.), в растворе  $H_2SO_4$  крепостью 3—5° Вё, в течение 15—30 минут, при обыкновенной  $t^\circ$ . Затем ткань наматывают на деревянный барабан, находящийся над баркой, дают избытку раствора стечь, после чего ткань снимают с барки и отжимают в центрифуге, устроенной так же, как указано ранее; при этом ткань защищают



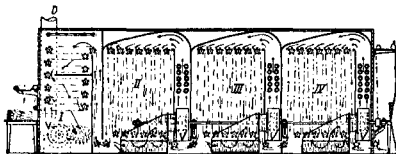
Фиг. 1.

чиной появления пятнистой окраски при крашении—т. н. «кислотных пятен», обычно окрашивающихся светлее. В случае трудно окрашиваемой ткани и применения плохо эгализирующих красителей, К. производят после крашения, хотя здесь необходимо иметь в виду, что красители д. б. прочными. Кроме того здесь могут образоваться т. н. с в и щ и —белесоватые неакрашенные точки в местах нахождения растительных частиц; после крашения и К. эти частицы удаляются и обнажаются незакрашенные места. В большинстве случаев карбонизацию производят после валки до крашения. Все сказанное выше относится к суконным тканям; камвольные ткани карбонизируют редко, так как растительные частицы удаляются из них уже при механических обработках, главным образом при многократном прохождении через чесальные машины.

а) К. рунной шерsti производят след. образом. Мытую шерсть загружают в корзины и погружают в деревянный освинцованный чан, содержащий раствор  $H_2SO_4$  крепостью 4—5,5° Вё, на срок от 30 мин. до 3 час. После этого корзины с шерстью вынимают, дают избытку раствора стечь и отжимают шерсть на центрифуге, корзина

от соприкосновения с металлич. частями центрифуги при помощи шерстяных чехлов. После отжима ткань, содержащая 50—60% влаги, поступает в карбонизационную сушилку, где происходит сушка и собственно К. (работа этой сушилки описана ниже). При К. на непрерывно действующих установках (фиг. 1), все более и более применяемых на ф-ках большой производительности, ткань в сухом или влажном виде, в расправку, поступает прежде всего на замочку в раствор  $H_2SO_4$ , крепостью 3—5° Вё, находящийся в деревянном, изнутри освинцованном ящике А. Сделав в нем несколько вертикальных ходов по роликам, ткань выходит из ящика, отжимается парой резиновых валков Е и укладывается в компенсатор В, где лежит нек-рое время для лучшего пропитывания к-той. Отсюда ткань проходит через пару отжимных валов Г над отсосом Н (в некоторых конструкциях отсасывание заменяют продувкой сжатым воздухом); при этом избыток кислоты отсасывается (или выдувается) и на ткани остается 55—70% влаги (по весу сухой шерsti). После отсоса ткань проходит между отжимными валами J, через второй компенсатор К и отсюда в карбонизац. сушилку (фиг. 2);

последняя состоит из четырех-пяти камер, покрытых железными листами и изолированных пробковой изоляцией. Камеры сообщаются между собою шельмами, через к-рые проходит ткань. В камерах ткань движется по направляющим деревянным баранчикам. Между камерами помещаются калориферы (ребристые или пластинчатые); внутри их

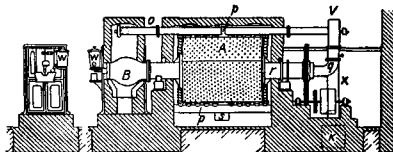


Фиг. 2.

проходит пар (3—5 atm), который обогревает воздух, циркулирующий в камерах и необходимый для сушки ткани и ее К. Ткань поступает в камеру I, где подвергается предварительной подсушке при 45—55°; здесь она движется по баранчикам в горизонтальном направлении, во избежание потеков раствора; в остальных камерах ткань движется в вертикальном направлении (имеются конструкции сушилок с вертикальным движением ткани во всех камерах). Из камеры I ткань идет в камеры II и III, где она высушивается соответственно при 75—80° и 85—95°; затем она поступает в камеру IV, где при 100—110° происходит собственно К. (в некоторых установках имеется еще пятая, охлаждающая камера, где ткань охлаждается до 45°). После выхода из сушилки ткань укладывают при помощи самоклада. Воздух в сушилке движется навстречу ткани; циркулирует в камерах (под действием вентиляторов V), воздух подогревается калориферами. Отработавший воздух выбрасывается вентилятором через трубу D в камеру I. Продолжительность пребывания ткани в карбонизационной сушилке равна 15—45 минутам, смотря по роду ткани. Производительность сушилки зависит от скорости прохождения ткани, а эта скорость регулируется при помощи коробки скоростей, имеющей 10 ступеней (от 2,13 до 8,55 м в 1 минуту). Расход пара на 1 кг испаряемой воды равен 1,8—2 кг. Ткань после К. обычно подвергают промывке, затем нейтрализации в растворе  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  крепостью 4—5° Вё и опять промывке. В некоторых случаях, если ткань подвергается крашению, ее окрашивают не высушивая; если же крашение производят хорошо эгаллизирующими красителями, то ткань даже не нейтрализуют содой, а сразу после К. замачивают в красильной барке и там же красят. Для лучшего смачивания ткани растворами  $\text{H}_2\text{SO}_4$  предлагают смачивающие вещества в роде «леонилла SB» и др., к-рые позволяют несколько снизить концентрацию  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при К.

**Н. полушерсти** производится при изготовлении т. наз. экстрактной искусственной шерсти из полшерстяного тряпья. К. здесь применяется сухая, при помощи газообразного  $\text{HCl}$ , и ведется в карбонизационных печах; из последних наиболее распространен-

на печь системы Ширпа (фиг. 3). Она состоит из чугуниной реторты B, которая соединена с вращающимся чугуниным барабаном A, пятиугольного сечения, с внутренней стороны усаянным крючками. Реторта находится в топке и обогревается ею, а барабан A—в печном пространстве, обогреваемом калориферами p. В барабан загружают 150—750 кг расщепленного тряпья и приступают к К. Первой стадией является сушка при 40—50° в течение 1—1,5 ч.; при этом барабан вращается, делая 3—4 об/сек. Сушка производится дымовыми газами, проходящими из топки по трубе o и ребристым калориферам p и удаляемыми вентилятором V через дымовой канал k. Воздух в печном пространстве, по мере насыщения влагой, уносится наружу через канал s. После сушки начинается собственно К. при 80—110°. С этой целью в горячую вращающуюся реторту B из бачка w подают жёкую соляную кислоту крепостью 20—21° Вё; здесь кислота испаряется и газообразный  $\text{HCl}$  проходит внутрь барабана A, где производит гидролиз хлопка в полшерстяном тряпье; после этого  $\text{HCl}$  через отверстия в барабане и трубы r, q, x уходит в канал k наружу (канал s в это время закрыт).



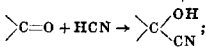
Фиг. 3.

Продолжительность этой операции—1—1,5 часа (всего с сушкой К. продолжается от 2 до 3 часов). После окончания К.  $\text{HCl}$  окончательно удаляют, останавливают вращающийся барабан и приступают к выгрузке полученной «искусственной шерсти». После протретьявания ее промывают, затем нейтрализуют раствором соды и снова промывают. Расход соляной кислоты (19—21° Вё) составляет приблизительно от 6 до 8% от веса тряпья; расход механической энергии достигает 2,5—4 HP.

*Лит.: Пестров П. П., Химическая технология волокнистых материалов животного происхождения, Москва, 1924; Смирнов А. А. и Шухер С. М., Карбонизационная установка непрерывного действия для сукон «Рудольф и Кюне», стр. 104—120, Москва, 1927; Ganswindt A., Wollwäscherei und Karbonisation, Lpz., 1905; Heermann P., Technologie d. Textilveredlung, 2 Aufl., B., 1926. Д. Грибедов.*

**КАРБОНИЛ**, или карбонильная группа, группа  $\text{—CO}$ , имеющая две свободных связи и характерная для кетонов (см.); она содержится также в альдегидной группе  $\text{—C}\begin{matrix} \text{H} \\ \text{O} \end{matrix}$  (см. Альдегиды), в карбоксильной группе  $\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{OH} \end{matrix}$  и в солях, эфирах и галлоидангидридах карбоновых кислот. Для К. характерна двойная связь между углеродом и кислородом, обуславливающая возможность реакций присоединения различных групп по месту этой связи, что наблюдается для кетонов и альдегидов. При этом группи-

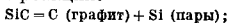
ровка  $\text{>C=O}$  переходит в группировку  $\text{>C} \begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$ , так что за счет двух освобожденных связей (у кислородного и у углеродного атомов) могут присоединиться две одновалентные группы. Так напр. при присоединении  $\text{H}_2$  кетонная группа  $\text{>C=O}$  переходит во вторичную алкогольную  $\text{>CHON}$ ; при присоединении воды трихлоруксусный альдегид (хлорал),  $\text{CCl}_3 - \text{C} \begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$  переходит в хлоралгидрат,  $\text{CCl}_3 \cdot \text{CH}(\text{OH})_2$ ; при присоединении бисульфита натрия,  $\text{NaHSO}_3$ , образуется соединение с группировкой  $\text{>C} \begin{matrix} \diagup \text{OH} \\ \diagdown \text{SO}_3\text{Na} \end{matrix}$ ; присоединение  $\text{NH}_3$  к К. альдегидной группы приводит к альдегидаминакам; присоединение синильной к-ты — к циангидридам:



к К. легко присоединяются также и магнийорганические комплексы.

О соединениях металлов с группой СО см. *Окись углерода*.

**КАРБУНД**, карбид кремния, SiC, в к-ром растворено до 2% карбида железа и карбида кальция. К. кристаллизуется в гексагональной системе; цвет — от серо-стального до черного в зависимости от количества и характера примесей; хрупок; тв. — 9,5—9,75; удельн. вес его 3,125—3,21. К. хорошо сопротивляется действию кислот (исключая смеси плавиковой и азотной кислот), но разлагается от действия расплавленных щелочей, железа и меди. Хлор начинает действовать на карбунд при 600°, полностью разлагая его при 1200°. При температуре около 2200° происходит разложение К. по следующей реакции:



разложение может быть замедлено появлением на поверхности К. защитной кремнеземистой пленки, образующейся благодаря присутствию в К. примесей. С водяным паром К. реагирует при 1300—1400°. Теплопроводность К. составляет 0,015—0,024 кал/см<sup>2</sup>·сек. °С. Временное сопротивление на сжатие равно ~ 1000 кг/см<sup>2</sup>.

Химически чистый К. не электропроводен. Значительная проводимость обычного К. приписывается содержанию в нем элементарного кремния, который легко удаляется посредством кипячения К. с КОН. К. отличается большим постоянством объема при высоких темп-рах, что обуславливается незначительным коэф-том термич. расширения и постоянством его молекулярно-кристаллич. структуры. В связи с высокой теплопроводностью это свойство делает К. в высокой степени термостойким материалом. Химический состав различных видов технического карбунда приведен в помещаемой ниже таблице.

Благодаря своей исключительной огнеупорности, твердости, теплопроводности и низкому коэф-ту расширения К. широко применяется при изготовлении высокосортных огнеупорных материалов, шлифоваль-

Химический состав карбунда (в %).

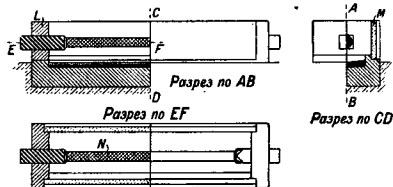
Виды К.	Состав				
	C	Si	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Теоретич. состав . . .	29,7	70,3	—	—	—
Кристаллич. К., неочищенный . . . . .	34,0	63,5	2,4	0,1	—
То же, очищенный выщелачиванием . . . . .	30,2	69,1	0,5	0,1	—
Аморфный К., очищенный . . . . .	27,9	65,4	5,1	0,3	0,2

ных кругов и других изделий специального назначения (см. *Карбундовые изделия и Абразивные материалы*).

К. получается в электрич. печах путем сплавления смеси кремнезема и угля в отсутствии воздуха. В обычный состав шихты входят: кварц — количество 52—54%, кокс — 35%, древесные опилки 5—11% и поваренная соль 1,5—4%. Размер зерен кварца и кокса не должен превышать 2—4 мм; содержание кремнезема в кварце д. б. от 97 до 99,5%. Кокс содержит до 85—90% С. Роль древесных опилок заключается в придании материалу известной пористости для удаления окиси углерода, выделяющейся согласно реакции  $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$ .

Поваренная соль способствует удалению железа и других примесей путем образования летучих хлоридов железа и алюминия.

Электрич. печи (см. фиг.), применяемые для плавки К., имеют две постоянные стенки L и две разборные — M, выложенные из огнеупорного материала. В постоянные стенки печи вделываются угольные электроды, расположенные в несколько рядов. Между



Кладка из высокосортного  
 ■ кирпича с прессов. аморф. SiC    ■ Зеренный нефтяной кокс  
 ■ Шихта кладки из шихты, кирпича, набранного в сыпучие желез. рамы    ■ Бетонный фундамент  
 ■ Обыкновенная шихтовая кладка    ■ Древесная вата или стружка  
 ■ Угольные электроды    ■ Зеренный мильный кварц  
 ■ Угольная пыль

отдельными электродами вставляются медные пластинки, присоединенные к подводящим ток проводам. Через всю печь проходит стержень N diam. 50—75 мм, изготовленный из зерен нефтяного кокса размером ок. 2 мм; этот стержень в свою очередь при помощи графитового порошка присоединяется к угольным электродам.

В печь засыпается шихта и включается ток напряжением 230 В. Через определенное время производится постепенное повышение напряжения до 100—75 В при соответствующем повышении силы тока до полного сплавления содержимого печи. Реакция начинается при 1615°. При 1920—1980° аморфный К. переходит в кристаллический. Температуру в печи поддерживают обычно в пределах 1950—2100°. По окончании про-

цесса вокруг стержня  $N$  образуются последовательно слои: 1) графита, 2) кристаллического  $K$ . толщиной 30—40 см, 3) аморфного порошкообразного  $K$ ., 4) смеси силикоксикона ( $Si_2C_2O$ ) с моноксидом кремния ( $SiO$ ) и 5) внешний слой в виде смеси кремнезема с углем. Часть шихты остается неизменной. После охлаждения содержимое печи выгружается и полученные продукты сортируются. Отсортированный  $K$ . размалывается на бегунах, просеивается на отдельные фракции и обрабатывается серной кислотой и водой с целью очищения от примесей и тонкой пыли. Содержание посторонних веществ в готовом продукте доходит до 5%.

На крупнейшем америк. з-де Carborundum Co. близ Ниагарского водопада имеется ряд электрических печей мощностью от 746 до 2 500 kW. Печь для производства  $K$ . мощностью 746 kW имеет длину около 7 м при внутренних размерах  $5 \times 1,8 \times 1,7$  м. Производительность печи в течение 36 час. составляет 3 150 кг кристаллического  $K$ . Расход энергии на 1 кг  $K$ . равен 8,7 kWh. Печь мощностью 1 500 kW в течение 36 часов вырабатывает 6 500—6 800 кг  $K$ ., при расходе энергии 7,5 kWh на 1 кг продукта.

Лит.: Searle A. B., Refractory Materials, their Manufacture a. Uses, p. 166—169, L., 1924; Searle A. B., The Manufacture a. Use of Abrasive Materials, p. 12, 34—35, London, 1922; Ullm. Enz., 1 Aufl., B. 3, p. 281—289; Litinsky L., Schamotte und Silika, ihre Eigenschaften, Verwendung und Prüfung, p. 56, Leipzig, 1925; Sling er F., Die Keramik im Dienste v. Industrie und Volkswirtschaft, p. 479, 474, Breslau, 1923; N e e r l e u t h e r R., Unbildsame Rohstoffe keramischer Massen, W., 1928. А. Фреберг.

**КАРБУНДОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ**, изделия высокой огнеупорности и твердости, изготавливаемые из карборунда, др. карбидов и карбоксидов кремния (см. Карборунд) со связующими добавками: огнеупорной глиной, органическими веществами и т. д. Средний химич. состав массы: 77—90%  $SiC$ , 6—18%  $SiO_2$  и 4—5%  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ . По данным Серля (Searle), обожженные при вышней  $t^\circ K$ . и состоят главн. обр. из силикоксикона ( $Si_2C_2O$ ), неустойчивого при более высоких  $t^\circ$ . При 1 600° в нейтральной атмосфере образуются карборунд и окись углерода. Уд. вес  $K$ . и колеблется от 2,73 до 3,2 в зависимости от состава, темп-ры обжига и величины давления при прессовании. При испытании термич. стойкости  $K$ . и., изготовленные со связкой из огнеупорной глины, после 10-кратного нагрева и последующего резкого охлаждения показывают сравнительно незначительную потерю веса: от 0,3 до 8,0%.  $K$ . и. хорошо сопротивляются действию щелочей и к-т за исключением фтористоводородной. Из металлов и их окислов наибольшее действие на  $K$ . и. имеют перекиси свинца, глет, хромовокислый свинец, а также железистые шлаки, сильно разъедающие  $K$ . и. в окислительной атмосфере. Зола, увлекаемая горючими газами, образует на поверхности  $K$ . и. глазурь, предохраняющую материал от дальнейшего разрушения. Среднее сопротивление на сжатие, по Вернике и Серлю, равно 400  $kg/cm^2$ , в отдельных случаях оно может доходить до 680  $kg/cm^2$ . Под нагрузкой  $K$ . и. выдерживают без размягчения  $t^\circ$  до 1 700°. Электрич. сопротивление при 1 040° равно 0,4 МΩ-см. Коэф. теплопроводности

(0,00982)  $K$ . и., изготовленных с 20% глины, в три раза превышает коэф-т теплопроводности магнетитовых кирпичей и в 12 раз — динаса; линейный коэф-т расширения равен 0,0000045. Объемная пористость  $K$ . и. составляет около 30%.

$K$ . и. применяются в тех случаях, когда рядом с высокой огнеупорностью и твердостью требуется большая теплопроводность и термич. стойкость, не обеспечиваемые обычными шамотными материалами. Из карборундовых материалов изготавливаются огнеупорные изделия специального назначения: реторты, муфели, сжигательные камеры для тоннельных печей Дреслера, кирпичи для электрич. печей и т. д.; карборундовые материалы применяются также для покрытия шамотных камней, находящихся в ответственных местах печей. Эти материалы, благодаря своей чрезвычайной твердости, идут для изготовления шлифовальных изделий. Как на недостаток  $K$ . и. следует указать на большую их электропроводность, окисляемость при  $t^\circ$  выше 1 600° и высокую стоимость.

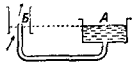
Производство  $K$ . и. в основном мало отличается от производства других огнеупорных изделий (в частности напр. динаса или шамота, изготавливаемых сухим прессованием) или абразивных изделий из агунда, наждака. Величина зерен карборунда варьирует в зависимости от назначения изделий. Американские фирмы применяют состав шихты из равных частей зерен, имеющих величину, соответствующую номерам сит в 16, 24, 36 и 100 отверстий на пог. дм. Иногда к такому составу примешивается небольшое количество наиболее тонких частей. Связующие добавки в виде глины, полевого шпата, жидкого стекла и других, в том числе и органич. веществ, смешиваются с измельченным карборундом и небольшим количеством воды в мешалках (см. Глиномятка). Из полученной порошкообразной массы формируются вручную или на механич. прессах под давлением до 465  $kg/cm^2$  изделия требуемой формы. Отформованные изделия высушиваются на обогреваемом полу в просторных помещениях или в специальных сушильках. Обжиг производится в печах, позволяющих вести его при высоких  $t^\circ$  и при определенном составе газов. Особенно часто применяются электрические печи. Температура обжига колеблется от 1 400 до 2 000°.

Лит.: Searle A. B., Refractories for Furnaces, Crucibles, etc., p. 424—428, London, 1924; B i s c h o f C., Die feuerfesten Tone u. Rohstoffe, p. 244—245, Leipzig, 1923; Litinsky L., Schamotte u. Silika, ihre Eigenschaften, Verwendung u. Prüfung, p. 245—247, Leipzig, 1925; W e r n i c k e F., Die Herstellung d. feuerfesten Baustoffe, p. 184, Berlin, 1921; H e s l i H., Lehrbuch der Keramik, p. 170—171, Wien—Leipzig, 1923. А. Фреберг.

**КАРБУРАТОРЫ**, приборы для приготовления рабочей смеси из легко испаряемого топлива и воздуха, поступающей в рабочий цилиндр двигателя внутреннего сгорания для превращения химич. энергии топлива в механич. работу.

**Принципы карбюрирования.** Осуществление процесса карбюрирования требует хорошо го механического распыливания топлива воздухом для получения больших поверхностей соприкосновения воздуха с топливом, без чего невозможно осуществить хоро-

шее испарение последнего. Для достижения этой цели в современных конструкциях применяют способ так наз. жиклерного распыливания, состоящий в том, что топливо, истекая из наибольшего отверстия жиклера *Б*



Фиг. 1.

(фиг. 1) под влиянием разности давлений в топливном сосуде *А* и у жиклера, подхватывается и распыливается протекающим воздухом за счет его повышенной скорости. Т. о. энергией для распыливания топлива является кинетическая энергия воздуха, искусственно созданная в месте истечения топлива. Этот способ распыливания рабочей смеси осуществляется во всех современных *К*. Способ жиклерного распыливания явился результатом целого ряда исканий в продолжение многих лет; наряду с ним были предложены и другие принципы карбюраторования (испарением с поверхности и барботажный способ), но в настоящее время они оставлены в виду получающейся неоднородности испаряющегося топлива и малой гибкости работы этих карбюраторов.

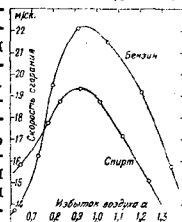
**Соотношения между воздухом и топливом.** Всякая рабочая смесь, в зависимости от ее состава (соотношения между количеством воздуха и топливом), должна обладать определенными свойствами, необходимыми для ее воспламенения и быстрого сгорания в цилиндре двигателя. Смесь обладает способностью воспламеняться лишь при определенных пропорциях содержащихся в ней воздуха и топлива; при этом различают так наз. пределы воспламеняемости этой смеси. Высший предел соответствует такому составу рабочей смеси, когда при обогащении топливом она перестает воспламеняться, а низший предел — когда смесь при дальнейшем обеднении топливом также не воспламеняется. Количество по этим пределам определяется как %-ное по объему содержание топлива в рабочей смеси. Следовательно высший предел есть максимум, а низший предел — минимум этого содержания. По данным пределам воспламеняемости *м. б.* определен соответствующий коэффициент  $\alpha$  избытка воздуха (представляющий отношение действительного количества воздуха в рабочей смеси к теоретически необходимому), который является основной характеристикой состава рабочей смеси. Пределы воспламеняемости рабочих смесей и значения коэффициента  $\alpha$  для различных топлив приведены в табл. 1. Как видно, рабочая смесь, образо-

ванная из жидкого топлива, имеет сравнительно узкие интервалы пределов воспламеняемости, и потому *К*. должен всегда обеспечивать такой состав рабочей смеси, *к-рый* не выходил бы за эти пределы. Дальнейшим требованием, предъявляемым к *К.*, является образование рабочей смеси такого состава, *к-рый* обеспечивал бы ее быстрое сгорание в двигателе, а следовательно и ее хорошее использование как с точки зрения получения наибольшей мощности, так и экономичности. Эти последние требования сдвигают еще уже пределы состава рабочей смеси — до значений коэффициента  $\alpha$  от 0,8 до 1,15 для бензина (при нормальном режиме мотора), между *к-рыми* и работают все современные легкие моторы.

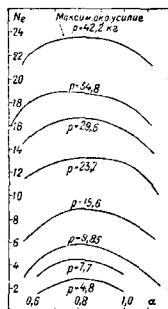
Из теоретич. рассмотрения рабочего цикла легкого двигателя следует, что его экономичность возрастает с увеличением коэф.  $\alpha$ ; однако, переходя к действительному циклу, необходимо принять во внимание то обстоятельство, что скорость сгорания рабочей смеси имеет свое максимальное значение лишь при определенном ее составе, понижаясь в ту или другую сторону от максимального значения при  $\alpha = 0,8 - 0,9$  (фиг. 2).

Соответственно этому наибольшая мощность двигателя получается при недостатке воздуха в рабочей смеси в 10—20%. Наибольшая экономичность соответствует избытку воздуха в 10—15% на полном дросселе. Зависимость мощности и экономичности от  $\alpha$  при различных крутящих моментах дана на фиг. 3 и 4. Максимальная мощность

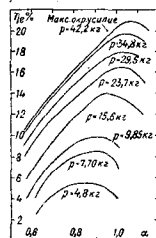
для всех крутящих моментов соответствует 15—20% недостатка воздуха ( $\alpha = 0,85 - 0,80$ ), в то время как максимальная экономичность соответствует значениям  $\alpha$  в пределах 0,8—1,1 в зависимости от крутящего момента. Для холостого хода необходимо обогащение рабочей смеси, так как оно соот-



Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

ветствует и максимальной мощности и максимальной экономичности.

На основе этих данных устанавливаются следующие требования, предъявляемые к автомобильным и авиационным *К*. Эксплуатационная мощность авиационного мотора в полете соответствует 90% его номинальной

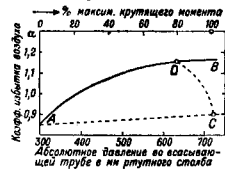
Табл. 1.—Высшие и низшие пределы воспламеняемости рабочих смесей и коэффициенты избытка воздуха.

Род топлива	Высший предел	Низший предел	
Бензол	% топлива . . . . .	6,5	2,65
	$\alpha$ . . . . .	0,4	1,02
Бензин	% топлива . . . . .	0,8	1,5
	$\alpha$ . . . . .	0,3	1,23
Пентап	% топлива . . . . .	4,9	2,4
	$\alpha$ . . . . .	0,52	1,09
Спирт	% топлива . . . . .	13,7	3,95
	$\alpha$ . . . . .	0,44	1,7
Эфир	% топлива . . . . .	7,7	2,7
	$\alpha$ . . . . .	0,42	1,26



мощности; при этом режиме мотор должен работать достаточно экономично, чему соответствует регулировка  $K$ , на  $\alpha \approx 1$ . При полном открытии дросселя (напр. при вале-те, д. б. предвидена возможность получения максимальной мощности за счет обогащения рабочей смеси и доведения  $\alpha$  до значений 0,90—0,85. В автоматическом моторе  $K$  должен давать хорошую экономичность при некоторой средней скорости автомобиля. Это обычно соответствует значению  $\alpha$  около 1. Для получения максимальной мощности рабочая смесь должна быть обогащена так же, как и при дросселировании. Вообще же стремятся, чтобы при достаточно широких пределах изменения скорости и крутящего момента  $K$  давал экономичную смесь.

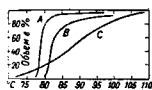
На фиг. 5 дано изменение коэф-та избытка воздуха  $\alpha$  для бензина в зависимости



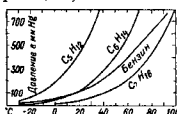
Фиг. 5.

от абс. давления во всасывающей трубе или же соответственно от максимального крутящего момента при разных положениях дросселя. С открытием дросселя соответствующий максимальный крутящий момент получается при обогащении рабочей смеси от  $\alpha=0,90$  до  $\alpha=0,85$  (прямая AC) вследствие наличия большего относительного количества остаточных газов в цилиндре. Кривая ADC определяет такое изменение состава рабочей смеси, которое обеспечивает: 1) получение максимальной мощности при максимальном крутящем моменте (малые обороты и полный дроссель)—точка C, 2) экономичную работу при длительном режиме мотора—точка D и участок влево от нее, 3) устойчивую и достаточно экономичную работу на малом газе—точка A и близлежащий участок (обогащение рабочей смеси), что вытекает из вышесказанного. Эта характеристика является основанием для регулировки  $K$ .

**Испарение.** Как выше было указано, легкое топливо в процессе карбюрации должно испариться, что в свою очередь произойдет за счет отнятия тепла от воздуха и понижения его  $t^\circ$ . Всякое жидкое топливо представляет собою смесь углеводородов с разными  $t^\circ_{\text{кип}}$ ; поэтому процесс испарения топлива протекает при повышающейся  $t^\circ$  его: при некоторой определенной темп-ре начинают испаряться легкие фракции, а с повыше-



Фиг. 6.



Фиг. 7.

нием ее—и более тяжелые. Этот процесс носит название фракционной разгонки топлива. На фиг. 6 приведена зависимость объема испарившегося топлива (в процентах) от  $t^\circ$ , где A—кривая испарения спирта, B—бензола, C—бензина. При подсчете процесса испарения в  $K$  условно принимают, что должно

испариться 70% топлива, и по этому значению находят соответствующую  $t^\circ$ , называемую условной  $t^\circ_{\text{кип}}$  топлива при атмосферном давлении. Как и для всякой жидкости, эта  $t^\circ$  является функцией давления, а потому может быть определена соответствующая зависимость  $t^\circ_{\text{кип}}$  от давления на основании ур-ия Клапейрона:

$$A(v-v')dP = \frac{r}{T}dT, \quad (1)$$

где  $A$ —термич. эквивалент механич. работы,  $v$ —уд. объем насыщенного пара в  $\text{м}^3/\text{кг}$ ,  $v'$ —уд. объем жидкости в  $\text{м}^3/\text{кг}$ ,  $P$ —давление в  $\text{кг}/\text{м}^2$  и  $r$ —скрытая теплота испарения. Связывая это ур-ие с характеристич. ур-ием

$$Pv = RT, \quad (2)$$

пренебрегая объемом жидкости  $v'$  и заменяя  $AR \approx \frac{r}{\mu}$ , где  $\mu$ —молекулярный вес, найдем:

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P} = \mu \int_{T_1}^{T_2} \frac{rdT}{T^2}. \quad (3)$$

После интегрирования получаем:

$$\ln P_1 = \ln P_2 - \frac{r\mu}{2} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1}. \quad (4)$$

На основании этого уравнения, задаваясь условной  $t^\circ_{\text{кип}}$  данного топлива при атмосферном давлении, строим кривые зависимости давления от температуры (фиг. 7). Воздух и пары топлива, входящие в рабочую смесь, имеют свои парциальные давления, к-рые м. б. определены по закону Дальтона на основании следующего ур-ия:

$$P_D = P \frac{G_D \cdot R_D}{G_L \cdot R_L + G_D \cdot R_D}, \quad (5)$$

где  $P$ —давление в  $\text{кг}/\text{м}^2$ ,  $G$ —вес в  $\text{кг}$ ,  $R$ —характеристич. постоянная (индекс  $L$  относится к воздуху, индекс  $D$ —к парам топлива). Из ур-ий (5) и (4) определяются парциальное давление паров бензина в рабочей смеси и соответствующая ему  $t^\circ$  насыщения пара, являющаяся минимальной для испарения топлива. Теплоемкость смеси м. б. определена из ур-ия:

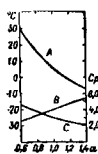
$$C_p = G_D \cdot C_{pD} + G_L \cdot C_{pL}, \quad (6)$$

где  $C_p$ —теплоемкость смеси при постоянном давлении,  $C_{pD}$ —теплоемкость паров топлива при постоянном давлении,  $C_{pL}$ —теплоемкость воздуха при постоянном давлении. Деля скрытую теплоту испарения топлива  $r$  на теплоемкость рабочей смеси, отнесенную к 1  $\text{кг}$  топлива, определяют требуемое понижение  $t^\circ$  воздуха:

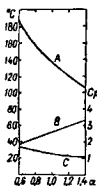
$$\Delta t = \frac{r}{C_p}. \quad (7)$$

Складывая условную  $t^\circ_{\text{кип}}$  топлива при его парциальном давлении в смеси с величиной  $\Delta t$ , получаем минимальную  $t^\circ$  воздуха, поступающего в карбюратор, обеспечивающую испарение:  $t_{\text{мин}} = t_{\text{кип}} + \Delta t$ . Как видно, эта величина зависит в сильной степени от скрытой теплоты испарения топлива и от состава рабочей смеси: с повышением  $r$  необходимая темп-ра воздуха растет, с увеличением  $\alpha$  она падает. Эти влияния изображены на фиг. 8 и 9, на к-рых даны следующие обозначения: A—кривая минимальной  $t^\circ$  при полном испарении бензина, B—кривая теплоемкости смеси, C—кривая  $t^\circ$  насыщенного пара (фиг. 8); на фиг. 9—A—кривая минимальной  $t^\circ$  воздуха при полном испарении

рени спирта, В—кривая теплоемкости смеси, С—кривая  $t^\circ$  насыщенного пара. Скрытая теплота испарения спирта равна 288 Cal, бензина—76 Cal, благодаря чему и минимальная  $t^\circ$  поступающего воздуха для спирта д. б. значительно выше, что влетает за собой необходимость сильного подогрева воздуха в спиртовых К. Полное испарение топлива не является обязательным для успешного его сжигания: оно может быть по дано в цилиндры в туманообразном состоянии, требующем его тонкого распыливания.



Фиг. 8.



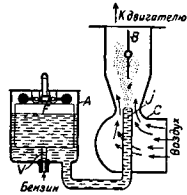
Фиг. 9.

По опытам Габера (Haber), такие рабочие смеси могут работать при значениях  $\alpha \approx 2$ , однако скорости сгорания получаются значительно пониженными, что влечет за собой снижение мощности и экономичности машины. Сжигание топлива в туманообразном состоянии м. б. при работе тяжелых, трудно испаряемых топлив, а частично—при всяком топливе, так как К. не может обеспечить полного испарения топлива.

В К., работающих на тяжелых топливах, достигнуть совершенного испарения топлива практически почти невозможно, а потому для них особое значение приобретает образование стойких туманообразных смесей. Под тяжелыми топливами понимаются такие топлива, которые испаряются в интервале  $100-320^\circ$ . В СССР таким топливом является гл. обр. керосин. По данным Вильсона (Wilson), для полного испарения керосина необходима темп-ра рабочей смеси в среднем не ниже  $135^\circ$ . Это м. б. достигнуто лишь путем значительного подогрева как поступающего в К. воздуха, так и рабочей смеси. Тепла выхлопных газов при малых нагрузках и оборотах для этой цели обычно нехватает; кроме того столь высокая  $t^\circ$  вызывает значительное уменьшение коэф-та наполнения, а следовательно и мощности двигателя. Поэтому приходится довольствоваться образованием в карбюраторе туманообразной рабочей смеси, заботясь о том, чтобы эта смесь не конденсировалась на стенках подводящих труб и чтобы топливо не коксовалось в цилиндровой головке и на днище поршня. По данным Вильсона, эти требования достигимы при  $t^\circ$  туманообразной смеси  $70-80^\circ$  и при скоростях этой смеси в трубопроводах около  $100 \text{ м/сек}$ . Получение таких туманообразных смесей осуществляется либо горячим способом, т. е. путем подвода тепла в К. извне, либо холодным способом, т. е. механич. путем. По первому способу наибольшим распространением пользуется сильный подогрев топлива в небольшом количестве воздуха; получающаяся переобогащенная смесь

топлива и воздуха перемешивается затем с остальной массой рабочего воздуха, причем большая часть топлива переходит в туманообразное состояние, будучи хорошо распределена в воздухе. Имеет также распространение способ частичного сжигания топлива в самом К., в особой камере, и примешивания образовавшихся горячих газов к основной массе рабочей смеси для ее нагрева. По второму способу устойчивые туманообразные смеси образуются путем распыливания при помощи сжатого воздуха и многократного расширения. Особняком стоит метод образования рабочей смеси из тяжелого топлива путем его крекирования в специальном аппарате, составляющем неотъемлемую часть карбюратора.

**Истечение.** Во вспрыскивающем К. процессы перемешивания топлива с воздухом и его испарения осуществляются за счет относительного движения воздуха и топлива; при этом, согласно схеме фиг. 10, топливо из поплавковой камеры А поступает в жиклер J и за счет создаваемой в этом месте большой скорости протекающего воздуха засасывается из жиклера

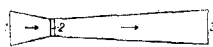


Фиг. 10.

и разбрызгивается. Повышенная скорость воздуха у жиклера создается за счет сужения воздушного потока, соответственно чему в этом месте происходит понижение давления, и топливо истекает из жиклера под влиянием разности давлений в поплавковой камере и в суженном сечении. Это суженное место носит название диффузора (С), или корсета карбюратора. В поплавковой камере поддерживается постоянный уровень топлива при помощи иглы V и связанного с ней поплавка F.

Основная задача процесса образования рабочей смеси при различных количествах воздуха, протекающего через К., соответственно меняющемуся режиму мотора, заключается в получении смеси определенного наиболее выгодного состава. В легких двигателях изменение режима соответствует или изменению мощности в зависимости от числа оборотов при полном открытии дросселя при неизменном начальном давлении поступающего воздуха (работа на земле), или изменению мощности при постоянном числе оборотов мотора, но при меняющемся начальном давлении рабочего воздуха (работа на высоте); наконец возможно изменение режима за счет дросселирования, осуществляемого путем прикрытия дроссельной заслонки В (фиг. 10). Если бы количество топлива, которое вытекает из жиклера, было прямо пропорционально количеству засасываемого воздуха, то состав рабочей смеси оставался бы постоянным. В действительности этой зависимости не существует. Чтобы выявить действительное изменение состава рабочей смеси при изменяющемся количестве проходящего через К. воздуха, рассмотрим те законы, к-рым подчиняются процессы протекания воздуха через диффу-

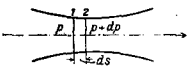
зор и процессы истечения топлива из жиклера. Диффузор К. обыкновенно имеет форму, представленную на фиг. 11; он состоит из



Фиг. 11.

3 частей: суживающегося входа, горловины и расширяющейся выходной части. Если поперечные сечения входа и выхода одинаковы, то при отсутствии трения и уд. весов давления в сечениях 1 и 3 д. б. одинаковыми; в действительности давление в сечении 3 всегда меньше давления в сечении 1; эта потеря напора обуславливается скоростью протекающего воздуха, формой корсета, сопротивлением жиклера и уд. весом топлива. Коэфт. расхода, т. е. отношение истинного расхода к теоретическому, таких корсетов колеблется в пределах от 0,94 до 0,99; для получения их максимальных значений необходимо делать угол конуса суживающейся части не выше 30°, а угол конуса расширяющейся части — от 5 до 7 1/2°.

Протекание в воздухе через диффузор. Закон протекания воздуха получается из следующих соотношений. Пусть имеется трубопровод переменного сечения, и воздух движется в направлении, указанном стрелкой (фиг. 12).



Фиг. 12.

Рассматривая перемещение воздуха из сечения 1 в сечении 2 на длину  $ds$  и предполагая изменение давления в потоке на величину  $dp$ , найдем действующую силу, заставляющую воздух двигаться, равной

$$[p - (p + dp)]F = -F dp.$$

Эта сила д. б. равна силе, полученной от ускорения движения воздуха на пути  $ds$ , т. е.

$$-F dp = m j = m \frac{dw}{dt}. \quad (8)$$

Принимая во внимание, что

$$m = \frac{F \cdot \gamma \cdot ds}{g} \quad (9)$$

и  $\gamma = \frac{1}{v}$ , находим:

$$-F dp = \frac{F \cdot \gamma \cdot ds}{g} \cdot \frac{dw}{dt} = F \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{ds}{dt} \cdot dw = F \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot w \cdot dw.$$

Отсюда

$$-dp = \frac{\gamma}{g} \cdot w \cdot dw,$$

или

$$-v dp = \frac{w \cdot dw}{g}, \quad (10)$$

где  $m$  — масса воздуха в кг/сек,  $j$  — ускорение в м/сек<sup>2</sup>,  $w$  — скорость в м/сек,  $\gamma$  — об. вес воздуха в кг/м<sup>3</sup>,  $F$  — площадь рассматриваемого поперечного сечения диффузора в м<sup>2</sup>,  $g$  — ускорение силы тяжести в м/сек<sup>2</sup>,  $v$  — уд. объем воздуха в м<sup>3</sup>/кг,  $p$  — давление в кг/м<sup>2</sup>. Интегрируя ур-е (10), получим:

$$-\int_{p_1}^{p_2} v dp = \int_{w_1}^{w_2} \frac{w \cdot dw}{g} = \frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g};$$

$$-\int_{p_1}^{p_2} v dp = \frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g}. \quad (11)$$

При работе К. обычно падение давления в корсете не очень велико, и изменением уд. объема воздуха можно пренебречь, т. е. принимать  $v = \text{Const}$ . Получающиеся при этом

ошибки практически оказываются ничтожными. Тогда найдем:

$$v(p_1 - p_2) = \frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g}, \quad (12)$$

или

$$p_1 - p_2 = \frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g}, \quad (12')$$

отсюда

$$p_1 + \frac{w_1^2}{2g} = p_2 + \frac{w_2^2}{2g} = \text{Const}, \quad (13)$$

т. е. для любого сечения потока

$$p + \frac{w^2}{2g} \cdot \gamma = \text{Const}; \quad (14)$$

$p$  — статическое давление в потоке, измеренная напором  $h_s$  в мм водяного столба,  $\frac{w^2}{2g} \cdot \gamma$  — гидродинамическое давление в потоке, измеряется напором  $h_w$ . Суммарное давление в трубопроводе

$$H = h_s + h_w. \quad (15)$$

Из уравнений (14) и (15) имеем:

$$\frac{w^2}{2g} \cdot \gamma = H - h_s;$$

$$w = \sqrt{\frac{2g(H - h_s)}{\gamma}} = \sqrt{\frac{2g h}{\gamma}}. \quad (16)$$

Так как секундный расход воздуха выражается уравнением

$$G = w \cdot F \cdot \gamma,$$

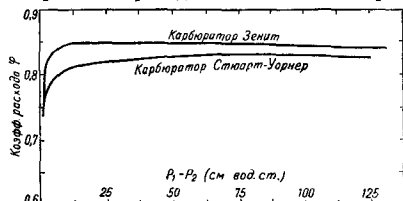
то

$$G = F \sqrt{2g \cdot h \cdot \gamma}. \quad (17)$$

В ф-лах (16) и (17)  $h$  есть гидродинамич. давление, обусловленное скоростью протекающего воздуха или соответственно напор в мм вод. ст., а  $F$  — площадь наименьшего сечения диффузора в м<sup>2</sup>. Принимая для К. начальную скорость  $w_1 = 0$ , из уравнения (13) получим:  $G = F \sqrt{2g(p_1 - p_2)\gamma} = 4,43 F \sqrt{(p_1 - p_2)\gamma}$ . (18) Т. о. расход воздуха зависит от падения давления в корсете К. и от плотности окружающего воздуха. В действительности величина расхода  $G$  меньше вследствие указанных выше потерь напора за счет сопротивления трения и завихрения потока. Эта потеря оценивается коэфт. расхода  $\phi$  и определяется опытным путем для данного диффузора. Обозначая 4,43  $\phi$  через  $A$ , найдем:

$$G = A \cdot F \sqrt{(p_1 - p_2)\gamma} = A \cdot F \sqrt{h \cdot \gamma}. \quad (18')$$

На фиг. 13 приведены изменения коэфт.



Фиг. 13.

расхода  $\phi$  в зависимости от падения давления для двух К. — Зенит и Стюарт-Уорнер. Как видно, коэфт. расхода не остаются постоянными при изменении напора, что и указывает на несколько меняющийся против уравнения (18) закон протекания воздуха по диффузору, обусловленный дополнительными влияниями вихреобразований в потоке, точно не учтенными. Вообще следует отме-

туть, что ф-лы (16), (17) и 18 справедливы лишь для случая завихренного движения, когда скорости протекающего воздуха выше критич. скорости. Значение последней находится в обратной зависимости от диаметра трубопровода и в прямой зависимости от падения давления, что видно из табл. 2.

Табл. 2.—Значения критических скоростей  $w_k$  (в м/сек).

$(p_1 - p_2)$ в кг/см <sup>2</sup>	D в мм		
	25	50	100
0,2	1,2	0,6	0,3
1,0	6,0	3,0	1,5

При тех разрежениях, которые имеют место в К., скорость воздуха  $w > w_k$ , и движение воздуха в К. всегда вихревое. Если  $w < w_k$ , то движение является струйным и не подчиняется выведенному выше закону, а следует экспериментальному закону Пуазейля (Poiseuille). Такой случай движения может иметь место при истечении топлива из жиклера и разобран подробно ниже.

Истечение топлива из форсунок и жиклера. Закон истечения топлива из жиклера определяется в значительной степени формой самого жиклера, обуславливающей либо струйное либо завихренное протекание топлива. В случае струйного протекания топлива, процесс истечения его выражается законом Пуазейля, по которому напор  $h_r$  в мм водяного столба, преодолевающий сопротивление, выражается:

$$h_r = 32w \cdot \frac{l}{d^3} \cdot \eta, \quad (19)$$

где  $w$ —скорость в м/сек,  $l$ —длина трубки в м,  $d$ —ее диам. в м,  $\eta$ —коэффициент внутреннего трения жидкости в кг·сек/м<sup>2</sup>. Таким образом напор пропорционален первой степени скорости. Эта формула предполагает отсутствие завихренных движений в потоке, что может иметь место, как это указано выше, лишь до определенного критич. значения скорости.

Действительная скорость движения топлива м. б. меньше и больше этой критич. скорости ( $w \leq w_k$ ), благодаря чему закон Пуазейля в жиклерах не м. б. применен для всех режимов мотора. Это дополнительное влияние вихрей, как выше было указано, пропорционально квадрату скорости, и таким образом в случае завихренного движения закон истечения из жиклера должен выразиться уравнениями:

$$w = c \sqrt{\frac{h}{\gamma_m}} \quad \text{и} \quad g' = C \cdot f \cdot \sqrt{h \cdot \gamma_m}, \quad (20)$$

где  $w$ —скорость топлива в м/сек,  $g'$ —расход топлива,  $f$ —площадь поперечного сечения в м<sup>2</sup>,  $\gamma_m$ —об. в. топлива в кг/м<sup>3</sup>,  $h$ —напор в кг/м<sup>2</sup> (или в мм водяного столба),  $c$  и  $C$ —числовые коэффициенты. В обычном жиклере истечение топлива подчиняется некому промежуточному закону Руммеля (Rumple), т. е. величина напора зависит от 1-й и 2-й степеней скорости, согласно ур-ию:

$$\frac{p_r}{\gamma_m} = \frac{p_0 - p}{\gamma_m} = a_1 w + a_2 w^2, \quad (21)$$

где  $a_1$  и  $a_2$ —коэффициенты, определяемые экспериментальным путем. На фиг. 14 дана схема расположения жиклера с указанием всех пьезометрических высот, отсчитываемых от атмосфер. и применяя ур-ие Бернулли, находим:

$$\frac{w^2}{2g} + h' + \frac{p_r}{\gamma_m} = h_0 - h, \quad (22)$$

где  $h_0 = 0$  соответствует атмосферному давлению. Соединяя ур-ия (21) и (22), получим:

$$\left(w^2 \frac{1}{2g} + a_2\right) + a_1 w + h' = -h.$$

Вводя выражение расхода топлива в ск.  $Q = w \cdot f \cdot \frac{m^3}{\text{сек}}$ , находим ур-ие для расхода:

$$\left(\frac{Q}{f}\right)^2 \left(\frac{1}{2g} + a_2\right) + \frac{Q}{f} \cdot a_1 = -(h + h'),$$

или

$$c_1 \cdot Q^2 + c_2 \cdot Q = H, \quad (23)$$

где  $H = -(h + h')$  есть полное разрежение в м столба топлива;  $c_1 = \left(\frac{1}{2g} + a_2\right) \cdot \frac{1}{f^2}$ ;  $f$  является площадью сечения распылителя;  $c_2 = a_1 \cdot \frac{1}{f}$ . Т. о. в двух частных случаях м. б. получены законы истечения, соответствующие или струйному или завихренному движению. Конструктивно могут быть выполнены форсунки, осуществляющие эти законы; рассмотрение их изложено ниже.

Изменение состава рабочей смеси при разных условиях работы. Воздух, протекая через К., всегда подчиняется вихревому закону течения, т. е. его количество пропорционально корню квадратному из величин напора; топливо может вытекать из жиклера как по закону вихревого, так и по закону струйного движения или некому промежуточному; поэтому необходимо рассмотреть влияние этих течений на состав рабочей смеси в К. при разных условиях его работы.

И с л у ч а й: топливо вытекает из жиклера по закону вихревого движения; изменяется количество протекающего воздуха соответственно изменению числа оборотов мотора при неизменном положении дросселя. Для двух режимов, 1 и 2, обозначая количество воздуха в кг через  $G_1$  и  $G_2$  и количество топлива в кг соответственно через  $g_1$  и  $g_2$ , найдем коэф. избытка воздуха:

$$\alpha_1 = \frac{G_1}{L_0 \cdot g_1} \quad \text{и} \quad \alpha_2 = \frac{G_2}{L_0 \cdot g_2},$$

где  $L_0$ —количество кг воздуха, теоретически необходимого для сжигания 1 кг топлива. Отсюда

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{G_2}{G_1} \cdot \frac{g_1}{g_2}. \quad (24)$$

По ф-ле (18') имеем:

$$G_1 = A \cdot F \sqrt{h_1 \cdot \gamma_1} \quad \text{и} \quad G_2 = A \cdot F \sqrt{h_2 \cdot \gamma_2}.$$

Т. к. принимается, что  $\gamma_1 = \gamma_2$ , то

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}}.$$

По формуле (20),

$$g_1 = C \cdot f \sqrt{h_1 \gamma_m}, \quad g_2 = C \cdot f \sqrt{h_2 \gamma_m} \quad \text{и} \quad \frac{g_1}{g_2} = \frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{h_2}}.$$

Подставляя отношения  $\frac{G_2}{G_1}$  и  $\frac{g_1}{g_2}$  в ур-ие (24), находим:

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}} \cdot \frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{h_2}} = 1,$$

откуда  $a_2 = a_1$ , т. е. состав рабочей смеси в этом случае не меняется.

II с л у ч а й: топливо вытекает из жиклера по закону струйного движения; изменение режима то же, что и в случае I. Имеем:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{G_2}{G_1} \cdot \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{G_1}{G_2} = \frac{1}{\sqrt{h_1}}$$

Для струйного протекания расход топлива, как видно из ур-ня (19), пропорционален первой степени напора, т. е.

$$g_1 = C_1 \cdot f \cdot h_1 \cdot \gamma_m; \quad g_2 = C_1 \cdot f \cdot h_2 \cdot \gamma_m.$$

Отсюда

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{h_2}{h_1} \quad \text{и} \quad \frac{a_2}{a_1} = \frac{1}{\sqrt{h_1}} \cdot \frac{h_2}{h_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad (25)$$

т. е. в случае струйного движения топлива коэф. избытка воздуха  $a$  изменяется обратно пропорционально корню квадратному из величины напора или разрежения в корсете К. Таким образом с увеличением количества протекающего через К. воздуха  $a$  уменьшается, т. е. рабочая смесь обогащается. Так напр., если при разрежении в 200 мм вод. ст.  $a_1 = 1$ , то при  $h_2 = 300$  мм вод. ст.  $a_2 = 0,813$ . Т. к. в обычных жиклерах истечение топлива следует некому промежуточному закону между случаями I и II, то обогащение рабочей смеси при увеличении числа оборотов мотора будет менее сильным, чем следует по ур-ию (25).

III с л у ч а й: изменяются условия окружающей среды (соответственно подъему аппарата на высоту); режим мотора не меняется; истечение топлива из жиклера — вихревое. Обозначая начальные условия на земле индексом (0) и на высоте индексом (x), найдем аналогично случаю I:

$$\frac{a_x}{a_0} = \frac{G_x}{G_0} \cdot \frac{p_0}{p_x} \quad (26)$$

Так как с подъемом на высоту коэф. подачи мотора  $\eta_0$  не меняется, то количество протекающего через К. воздуха изменится пропорционально его об. в.  $\gamma$ , т. е.

$$\frac{G_x}{G_0} = \frac{\gamma_x}{\gamma_0}$$

С другой стороны,

$$G_0 = A_0 \cdot F \sqrt{h_0 \cdot \gamma_0} \quad \text{и} \quad G_x = A_x \cdot F \sqrt{h_x \cdot \gamma_x}$$

С достаточной точностью можно считать, что  $A_0 = A_x$ ; тогда, деля второе равенство на первое, найдем:

$$\frac{G_x}{G_0} = \frac{\gamma_x}{\gamma_0} = \sqrt{\frac{h_x \gamma_x}{h_0 \gamma_0}}, \quad \text{или} \quad \frac{h_x}{h_0} = \frac{\gamma_x}{\gamma_0} \quad (27)$$

т. е. напор с подъемом на высоту меняется пропорционально об. в. воздуха. Соотношения для топлива будут:

$$g_0 = C \cdot f \sqrt{h_0 \cdot \gamma_m} \quad \text{и} \quad g_x = C \cdot f \sqrt{h_x \cdot \gamma_m},$$

откуда

$$\frac{g_0}{g_x} = \sqrt{\frac{h_0}{h_x}}, \quad \text{или, по ур-ию (27),} \quad \frac{g_0}{g_x} = \sqrt{\frac{\gamma_0}{\gamma_x}}$$

Отсюда

$$\frac{a_x}{a_0} = \frac{\gamma_x}{\gamma_0} \sqrt{\frac{h_0}{h_x}} = \frac{\gamma_x}{h_x} \sqrt{\frac{\gamma_0}{\gamma_x}} = \sqrt{\frac{\gamma_x}{\gamma_0}} \quad (28)$$

т. о. с подъемом на высоту  $a$  меняется пропорционально корню квадратному из об. в. воздуха  $\gamma$ , т. е. рабочая смесь обогащается.

IV с л у ч а й: топливо вытекает из жиклера по закону струйного движения, усло-

вия окружающей среды изменяются, как и в случае III:

$$\frac{a_x}{a_0} = \frac{G_x}{G_0} \cdot \frac{p_0}{p_x}; \quad \frac{G_x}{G_0} = \frac{\gamma_x}{\gamma_0}; \quad \frac{h_x}{h_0} = \frac{\gamma_x}{\gamma_0};$$

$$g_0 = C_1 \cdot f \cdot h_0 \cdot \gamma_m \quad \left. \begin{array}{l} g_0 \\ g_x = C_1 \cdot f \cdot h_x \cdot \gamma_m \end{array} \right\} \frac{g_0}{g_x} = \frac{h_0}{h_x} = \frac{\gamma_0}{\gamma_x}$$

Отсюда

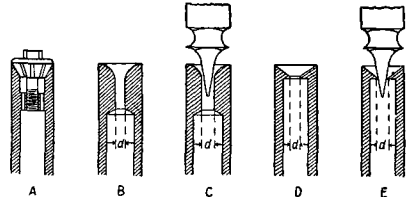
$$\frac{a_0}{a_x} = \frac{\gamma_0}{\gamma_x} \cdot \frac{h_x}{h_0} = \frac{\gamma_0}{\gamma_x} \cdot \frac{\gamma_0}{\gamma_x} = 1,$$

т. е.

$$a_x = a_0.$$

Т. о. в случае струйного движения топлива  $a$  с подъемом на высоту не меняется. Т. к. истечение из жиклера подчиняется некому промежуточному закону, то рабочая смесь с подъемом на высоту будет обогащаться несколько медленнее, чем это следует из уравнения (28).

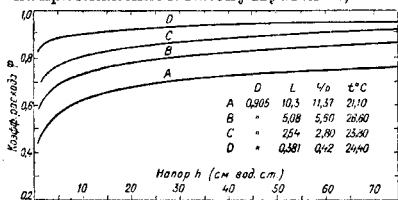
Из изложенного выше следует, что одновременное осуществление постоянства рабочей смеси в К. и при меняющемся напоре и при меняющемся давлении поступающего воздуха является невозможным. Практически могут быть созданы жиклеры, осуществляющие в зависимости от напора линейный или параболич. закон истечения топлива. В этом направлении были произведены многочисленные эксперименты, которые выявили, что основное влияние оказывает отношение длины  $l$  форсунки к ее диаметру  $d$ . На фиг. 15 изображены типы испытанных фосунок. Форсунка А давала почти



Фиг. 15.

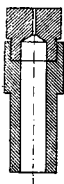
точно закон истечения по Пуазейлю; последующие типы, В и С, следовали некоторому промежуточному закону, а типы D и E точно следовали закону завихренного движения, т. е. истечение изменялось по параболе. В общем можно считать, что с увеличением отношения длины форсунки к ее диаметру, т. е. с приближением формы форсунки к капилляру, истечение приближается к закону Пуазейля; наоборот, с уменьшением отношения длины к диаметру, т. е. с приближением форсунки по форме к тонкой пластинке с острыми кромками, закон истечения соответствует некому промежуточному закону, данному Руммелем, и в предельном случае (острая кромка) дает параболич. закон. На фиг. 16 графически выявлены эти влияния на коэф. расхода для форсунок, рассчитанных на конус (фиг. 17). Предполагая для всех случаев количество вытекающего из форсунки топлива пропорциональным корню квадратному из величины напора, необходимо вводить поправочный коэф. расхода, учитывающий действительные отклонения от этого закона. В случае большого отношения  $l$  к  $d$  (кривая А) коэф. расхода

сильно меняется с напором, что указывает на большие отступления от принятого закона и на приближение к закону Пуазейля; лишь



Фиг. 16.

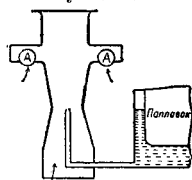
при малом отношении  $l$  к  $d$  (кривая D) коэффициент расхода для пределов изменения напора от 30 до 70 см вод. ст. почти не меняется, т. е. форсунка дает истечение топлива, следующее параболическому закону. Осуществляющая этот закон форсунка с острыми кромками не получила практич. распространения, так как требует большой точности обработки и поэтому является ненадежной в эксплуатации, ибо малейшие неточности в ее размерах резко изменяют коэффициент расхода. Форсунка, изображенная на фиг. 17, хотя и не дает постоянства состава рабочей смеси, оказывается практически более пригодной, ибо значительные изменения угла и глубины конуса



Фиг. 17. почти не влияют на закон истечения топлива, лишь бы был соблюден основной фактор отношения длины к диам. отверстия.

**Принципы регулировки состава рабочей смеси.** На практике приходится вводить дополнительные мероприятия для достижения требуемого состава рабочей смеси как с изменением напора в зависимости от количества протекающего воздуха, так и с изменением условий окружающей среды. Для первой цели разработано несколько основных принципов, дающих возможность автоматически поддерживать требуемый состав рабочей смеси с изменением напора у жиклера.

1) Принцип подачи дополнительного воздуха за жиклером. Как было указано выше, истечение топлива из

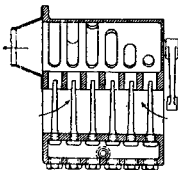


Фиг. 18.

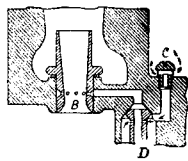
действительных форсунок следует закону Румеля, т. е. с увеличением напора количество вытекающего из форсунки топлива возрастает быстрее количества протекающего через диффузор воздуха, и рабочая смесь обогащается. В карбюраторе с добавочным воздухом, при увеличении напора или же, соответственно, разрежения в корсете, специальный клапан (A на фиг. 18) открывает сечение на величину, пропорциональную разрежению, подает добавочный воздух за диффузором и тем разбавляет рабочую смесь до требуемого состава. Обычно клапаны добавочного воздуха выполняются тарельчатые с пружинами или шаровые. К основным

недостаткам этого конструктивного типа К. относится наличие в К. подвижных деталей, которые, с одной стороны, вызывают шум при работе, с другой—часто расстраиваются и требуют соответствующего ремонта и наконец при режком переводе мотора на полный дроссель не могут обеспечить должного состава рабочей смеси; поэтому распространение клапанов добавочного воздуха в настоящее время ограничено.

2) Принципы применения многожиклерного К. Одна из конструктивных схем такого К. изображена на фиг. 19. Как видно, К. имеет шесть жиклеров и дроссельную заслонку с соответствующими прорезами; последующее включение в работу отдельных жиклеров обеспечивает требуемый состав рабочей смеси.

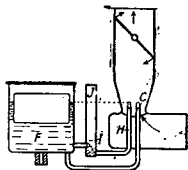


Фиг. 19.



Фиг. 20.

3) Принцип торможения топлива при помощи воздуха является наиболее распространенным в современных К., т. к., с одной стороны, обеспечивает наиболее простой в конструктивном отношении и наиболее надежный в эксплуатации способ поддержания состава рабочей смеси, а с другой—влечет более совершенное распыливание топлива и перемешивание его с рабочим воздухом. Схема действия принципа торможения высвистается из фиг. 20, на к-рой показана форсунка с тормозящим воздухом К. системы Стромберг. Топливо, поступающая по трубе D, распыливается в диффузор через расположенные по его окружности отверстия B.



Фиг. 21.

Тормозящий воздух из отверстий C, при помощи специального канала и отверстий вокруг трубы D, вместе с топливом поступает в диффузор, образуя предварительно пену, что способствует лучшему распыливанию и перемешиванию топлива с основной массой воздуха в диффузоре. При увеличении разрежения в диффузоре тормозящий воздух, поступающий из отверстий C, будет следовать тому же закону, что и основной воздух в диффузоре, тем самым тормозя притекающее топливо и принудительно поднимая его тому же закону истечения.

4) Принцип Зенита. Требуемый состав рабочей смеси достигается при помощи компенсационного колодца J (фиг. 21). В К. системы Зенит имеются две форсунки: главная форсунка C, нормально соединенная с поплавковой камерой F, и компенсационная форсунка H, к-рая конструктивно выполняется в виде трубки, охватывающей

главный жиклер *C*; она подает топливо из промежуточного колодца *J*, соединенного с атмосферой. Количество топлива, подаваемого этой последней форсункой, обуславливается калиброванным отверстием (жиклером) *I*, через к-рое топливо подается в колодец *J* под постоянным напором, соответствующим уровню топлива в поплавковой камере и не зависящим от режима мотора. При работающем двигателе колодец *J* заполнен топливом до уровня поплавковой камеры. При увеличении числа оборотов количество поступающего из жиклера *I* топлива относительно меньше расходуемого *K*. из форсунки *H*, благодаря чему уровень топлива в колодце *J* понижается. Главная форсунка *C* делается таких размеров, что она при всех режимах подает недостаточное количество топлива. Когда весь бензин из колодца *J* будет израсходован, через жиклер *I* будет продолжать поступать постоянное количество топлива, к-рое в смеси с воздухом направляется из жиклера *H* в корсет карбюратора, компенсируя тем самым обогащение рабочей смеси. В то же время воздух, поступающий через жиклер *H*, уменьшает разрежение около жиклера *C*, производя этим тормозящее действие на основную массу топлива, вытекающего из главного жиклера *C*.

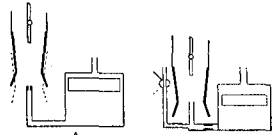
Регулировка на холостом ходу. При работе двигателя на прикрытом дроселе требуется обогащение рабочей смеси. Жиклеры всех современных К., отрегулированные на правильный состав рабочей смеси при нормальных рабочих режимах двигателя, не могут обеспечить переобогащение ее на холостом ходу, гл. обр. вследствие малого разрежения в корсете при работе на малом газе.

Для этой цели К. снабжают дополнительными приспособлениями, дающими возможность подавать топливо непосредственно из поплавковой камеры в смесительную у дросельной заслонки. Разрежение, созданное при торможении дроселем протекающего воздуха, достаточно для подсосывания бензина, обеспечивающего богатую рабочую смесь. Схема и конструкция таких приспособлений разобраны ниже.

При переводе двигателя на работу при полном дроселе происходит сильное обеднение рабочей смеси. Это является следствием сильного увеличения разрежения в смесительной камере, благодаря чему увеличение притока бензина не может следовать за повышением количества воздуха из-за большой инерции топлива по сравнению с инерцией воздуха. Для устранения этого явления необходимо иметь некоторый запас бензина за жиклером, к-рый можно было бы использовать при быстром переводе двигателя на полный газ. Для этой цели и служат специальные колодцы, наполняемые топливом при холостом ходе двигателя.

Высотная регулировка. В авиамоторах К. работают при плотности воздуха,

меняющейся от высоты полета аппарата. Как было доказано, в случае изменения у постоянно рабочей смеси обеспечивается лишь при калиброванных жиклерах, т. е. при истечении топлива, следующем закону Пуазейля. Для поддержания требуемого состава рабочей смеси при подъеме на высоту в большинстве случаев устраиваются дополнительные приспособления, основные схемы которых приведены на фиг. 22 и 23. В схеме А фиг. 22 поплавковая камера соединена особым вентиляем *b* с корсетом *K*. и отверстием *a* с атмосферой. Открывая вентиль *b*, мы уменьшаем давление в камере, уменьшая тем самым напор, под к-рым вытекает топливо из жиклера, и обедняем



Фиг. 23.

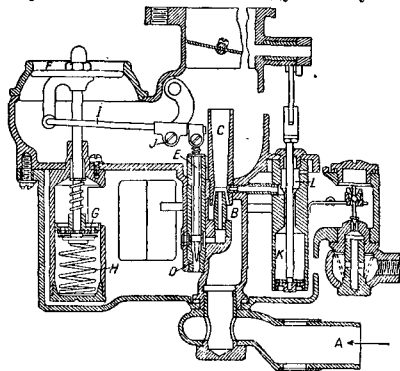
таким образом рабочую смесь с подъемом аппарата на высоту. В схеме В фиг. 22 это же достигается в обратном порядке, т. е. поплавковая камера постоянно соединена с корсетом отверстием *b* и имеет вентиль *a*, сообщающий ее с атмосферой. Прикрывая вентиль *a*, мы держим поплавковую камеру под большим разрежением и следовательно обедняем рабочую смесь. В схеме А фиг. 23 обеднение рабочей смеси осуществляется за счет подвижного корсета карбюратора. При работе на земле отверстие жиклера располагается в узком сечении корсета; при подъеме на высоту корсет передвигается вверх, разрежение у устья жиклера тем самым уменьшается, и рабочая смесь обедняется. На схеме В фиг. 23 регулировка осуществляется за счет большего или меньшего торможения соответствующим вентиляем дополнительного тормозящего воздуха: при полном открытии этого вентиля поступающий тормозящий воздух уменьшает количество вытекающего топлива; при прикрытии вентиля рабочая смесь соответственно обогащается. Указанная высотная регулировка в большинстве случаев осуществляется вручную, так что К. заранее регулируется на нормальный состав для работы на земле, а с подъемом на высоту пилот воздействует на высотное приспособление.

Распределение рабочей смеси в многоцилиндровых моторах. Если карбюратор должен питать рабочей смесью несколько цилиндров, то в этом случае возникает задача равномерного распределения рабочей смеси по цилиндрам. Практически это осуществляется подбором длин и форм трубопроводов, соединяющих К. с цилиндрами, а также очередностью поступления рабочей смеси в отдельные цилиндры. В действительно исполненных двигателях полной равномерности распределения рабочей смеси однако не наблюдается и приходится мириться с некоторыми отклонениями, стремясь доводить их до минимума. Согласно испытаниям, произведенным Bureau of Mines над четырехцилиндровым двигателем при 1 000 об/м., неравномерность распределения рабочей смеси, поступающей в отдельные цилиндры, в силь-

ной степени зависит от регулировки  $K$ ; при регулировке на бедную рабочую смесь количество поступающей в отдельные цилиндры смеси колеблется в значительно меньших пределах (от 24,6 до 25,5% при  $\alpha=1,25$ ), чем это наблюдается при богатых смесях (от 24,2 до 26,4% при  $\alpha=0,65$ ).

**Подогрев рабочей смеси.** Для надежного испарения топлива в рабочей смеси требуется подогрев поступающего воздуха, причем необходимая степень подогрева зависит: 1) от сорта топлива, 2) от состава рабочей смеси и 3) от состояния наружного воздуха. Подогрев воздуха до  $K$  осуществляется обычно т. о., что воздух засасывается через манжету, окружающую выхлопную трубу, и тепло отходящих газов используется для подогрева воздуха. Иногда воздух до поступления в  $K$  просасывается через нижнюю часть картера, отнимает от него тепло и подогревается. Чрезмерный подогрев воздуха связан с сильным уменьшением его плотности, а следовательно коэф-та подачи и мощности мотора. Более распространенным является подогрев рабочей смеси после образования ее в  $K$ , что осуществляется при помощи специальной рубашки вокруг трубопровода смеси, через к-рую проходит часть выхлопных газов или горячая вода из мотора. Рубашка часто окружает верхнюю часть  $K$ , составляя с ним одно целое.

**Конструкции основных типов современных карбюраторов.**  $K$  системы Шеблера изображен на фиг. 24 в разрезе. Его отличительные свойства—регулировка состава рабочей смеси при помощи клапанов добавочного воздуха и изменения сечения жиклера иглой. Основной воздух поступает

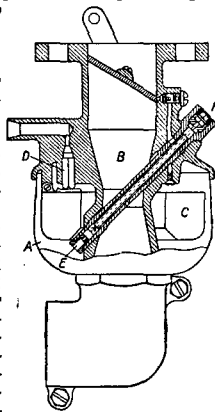


Фиг. 24.

по всасывающей трубе  $A$  и, проходя через корсет  $K$ ,  $C$ , распыляется топливо, впрыскиваемое через жиклер  $B$ . Количество вытекающего топлива зависит от величины отверстия  $D$  и положения иглы  $E$ . Для подачи дополнительного воздуха служит клапан  $F$ , на оси к-рого в поплавковой камере сидят поршень  $G$  и пружина  $H$ . Клапан  $F$  и игла форсунки  $E$  связаны между собой рычагом  $I$ , сидящим на оси  $J$ , к-рая в свою очередь может перемещаться. При открытии клапана  $F$  игла  $E$  приподнимается и увеличивает

сечение жиклера для протока топлива. Степень обогащения рабочей смеси при этом будет однако зависеть от положения оси  $J$ , управляемой снаружи от руки или рычагом дроссельной заслонки. На оси дроссельной заслонки укреплен кулачок, к-рый при некотором ее положении упирается в шуруп, сидящий на рычажке, соединенном с осью  $J$ . При дальнейшем открытии дросселя кулачок, нажимая на шуруп, заставит переместиться ось  $J$ , благодаря чему игла  $E$  поднимется и обогатит рабочую смесь, что и требуется при работе на полном газе. То же м. б. осуществлено шофером при помощи специальной тяги и чаще всего имеет место при пуске двигателя. Установка дросселя при работе на холостом ходу осуществляется упорным шурупом на дроссельной заслонке. При нормальных скоростях автомобиля положение оси  $J$  фиксируется специальной упорной тягой на внешней стороне  $K$ . Для получения же максимальной мощности служит кулачок, действие к-рого описано выше.  $K$  снабжен приспособлением, обеспечивающим приемистость мотора при внезапном открывании дросселя. Оно состоит из бензинового насосика  $K$ , скалка поршня к-рого соединена с дросселем. При быстром повороте последнего насос подает топливо по кольцевому пространству  $L$  непосредственно в корсет  $K$ , и тем сильно обогащает смесь. Т. о. в данном типе  $K$  требуемый состав рабочей смеси на разных режимах мотора осуществляется при помощи довольно сложных приспособлений, состоящих из ряда подвижных деталей, что делает  $K$  капризным и мало надежным в эксплуатации.  $K$  системы Шеблера распространен исключительно на американских автомобилях.

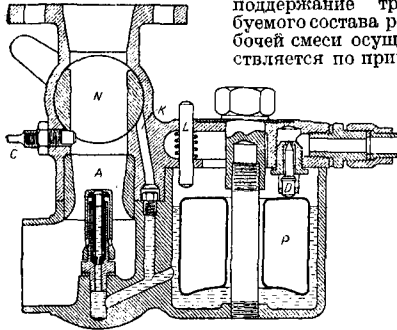
$K$  системы Паллас (фиг. 25) состоит из поплавковой камеры  $A$ , окружающей диффузор  $B$ , и кольцеобразной поплавка  $C$ , подвешенного на одном конце и действующего непосредственно на запорную иглу  $D$ , управляющую доступом бензина в поплавковую камеру. Форсунка расположена наклонно в корсете  $K$ , составляющем одно целое с его корпусом. Калиброванное отверстие  $E$  жиклера расположено внизу и затоплено бензином в поплавковой камере. Внутри форсунки вставлена трубочка, образующая в ней кольцевое пространство и имеющая в нижнем конце сверления, а в верхнем—жиклер  $F$  для тормозящего воздуха. Этот последний, поступающий в форсунку сверху по внутренней трубке, смешивается с топливом у устья топливного жиклера и, производя на него тормозящее действие, вместе с ним по внешнему кольцевому



Фиг. 25.



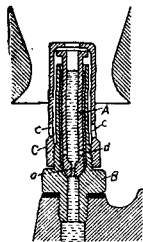
пространству направляется в корсет *K*, через видимые на чертеже отверстия. Жиклер холостого хода образован сверлениями в теле *K* и отверстием в основной форсунке. Он подает топливо непосредственно у дроссельной заслонки и действует, когда в этом месте образуется сильное разрежение при прикрытом дросселе, чем и обеспечивается требуемое обогащение рабочей смеси на холостом ходу. Так обр. в *K* системы Паллас поддержание требуемого состава рабочей смеси осуществляется по прин-



Фиг. 26.

ципу торможения топлива специальным воздухом, без помощи каких-либо подвижных деталей. Конструкция *K* проста и надежна; одним из ее преимуществ является легкая смена форсунки. *K* системы Паллас является *K*. автомобильного типа.

*K*. системы Солекс. В этом французском *K*. (фиг. 26) основной интерес представляет форсунка (фиг. 27), состоящая из трех частей: собственно форсунки *A* с калиброванным отверстием *a* в нижней части, внутренней трубки с гайкой *B* на конце и стакана *C*, при помощи которого форсунка прижимается к своему конич. седлу. В нижней части форсунки сделан ряд отверстий *d*, а в нижней части стакана—отверстия *c*. Когда

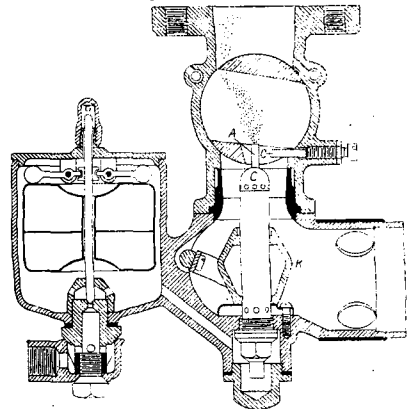


Фиг. 27.

мотор не работает, топливо заполняет внутренний колодец, а также кольцевое пространство вокруг форсунки до уровня, соответствующего уровню в поплавковой камере. При быстром переводе мотора на полный газ запас топлива во внутреннем колодце расходуется, чем обеспечивается богатая рабочая смесь до достижения двигателем полной мощности. Вслед за этим через отверстия *c* в форсунку начинает поступать воздух, который проходит во внутреннее кольцевое пространство между *A* и *B*, затем через отверстия *d* поступает в жиклер *A*, перемешивается с топливом, одновременно тормоза его, и в виде пены попадает в корсет *K*. Действие тормозящего воздуха зависит от размера отверстий *d*. Если они слишком малы, то образование пены идет слабо, и смесь обогащается; если они велики, то воздух слишком сильно тормозит топливо. Для

работы на холостом ходу при прикрытом дросселе, как это видно из фиг. 26, сделан специальный канал *K*, подающий топливо непосредственно из поплавковой камеры к дросселу, т. е. к тому месту, где имеется при холостом режиме наибольшее разрежение, обеспечивающее подсос топлива для получения богатой смеси. Поплавок *K*. *P* действует на запорную иглу *D* непосредственно, без промежуточных рычагов. Вместо дроссельной заслонки применен цилиндрич. золотник *N* с цилиндрич. вырезом по форме всасывающего канала. При полном открытии дросселя обеспечивается проходная площадь для газа без потери ее сечения, как это имеет место при простой дроссельной заслонке. Упорным шурупом *C* фиксируется положение дросселя при работе на холостом ходу. Штифт *L* с пружиной служит для заполнения от руки поплавковой камеры топливом. *K*. состоит из двух литых деталей и вставного корсета *A*, чем достигается простота сборки и устраняется необходимость иметь особую крышку для поплавковой камеры.

*K*. системы Клоделя. Этот чрезвычайно распространенный в авиационных моторах *K*. работает также по принципу торможения топлива воздухом, но осуществляет регулировку и расширение рабочей смеси более совершенно, чем это имеет место в *K*. системы Солекс. На фиг. 28 изображен один из типов карбюратора системы Клоделя, а на фиг. 29—его форсунка в собранном и разобранном видах. Форсунка состоит из четырех трубок: 1) внутренней *A* (жиклер холостого хода), имеющей внизу отверстие *a* для подачи топлива из поплавковой камеры и наверху—отверстие *b* для подсосывания воздуха; 2) трубки *C* (распылитель),

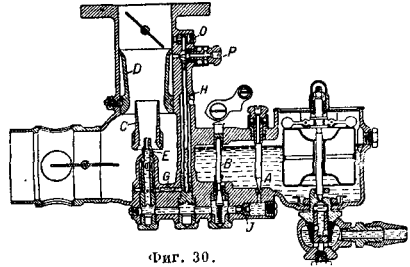


Фиг. 28.

имеющей на боковых стенках ряд отверстий *e* для тормозящего воздуха и наверху—ряд косых отверстий *f* у шаровой части для подачи в корсет эмульсии из топлива и тормозящего воздуха; топливо в трубку *C* поступает снизу через калиброванное отверстие *c*; 3) трубки *D*, являю-

щейся перегородкой, и 4) наружной трубки *B*, имеющей внизу ряд отверстий *g* для тормозящего воздуха. Дроссель выполнен в виде золотника, имеющего узкий прорез в виде щели, в которую с некоторым азавром входит верхняя часть пусковой форсунки *A* при работе на прикрытом дросселе. Это положение показано на фиг. 28. При этом режиме мотора наибольшее разрежение образуется у устья пусковой форсунки *A*, и это разрежение достаточно для подсосывания из нее топлива и для образования богатой смеси. Количество воздуха, а следовательно и качество смеси, регулируется винтом *e*, входящим в щель дросселя и изменяющим его проходное сечение. При этом режиме, благодаря малому количеству просасываемого воздуха и соответственно малому разрежению в корсете, главная форсунка (фиг. 29, *C*) не работает, и в ней накапливается количество бензина, достаточное для перевода мотора на полный газ. При работе на полном

К. системы Клоделя по-разному. В приведенном типе (фиг. 28) для этой цели служит конус *K*, передвигаемый от руки в вертикальном направлении вдоль форсунки. При его

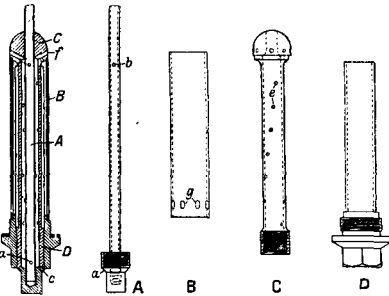


Фиг. 30.

поднимании, благодаря уменьшению прохода для воздуха, смесь обогащается, и наоборот. Поэтому при подъеме на высоту обогащения смеси избегают тем, что опускают конус *K*.

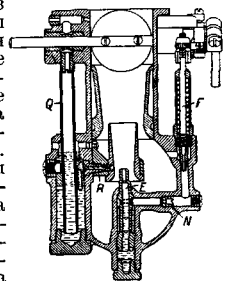
В К. системы Клодель-Гобсона *C 8* высотная регулировка осуществляется при помощи специального крана, соединяющего поплавковую камеру с корсетом *K*, и с атмосферой. В зависимости от положения этого крана поплачковая камера ставится под большее или меньшее разрежение, чем достигается соответственно обеднение или обогащение рабочей смеси. В К. типа *DL60* высотная регулировка осуществляется при помощи гильзы, передвигаемой вдоль форсунки. При нижнем положении этой гильзы, когда она прикрывает отверстия для воздуха, уменьшается количество тормозящего воздуха, и рабочая смесь обогащается. При верхнем ее положении она начинает прикрывать верхние отверстия, и рабочая смесь обедняется. Наконец в К., которые фирма Клодель ставит на моторы Ролье-Роис («Кондор»), для указанной цели служит специальный бензиновый дроссель, устанавливаемый на пути топлива из поплавковой камеры в форсунку. Изменяя от руки положение этого дросселя, летчик изменяет сечение для прохода топлива и тем регулирует состав рабочей смеси.

К. системы Стромберг изображен в разрезе на фиг. 30. Приток топлива к главному жиклеру может регулироваться иглой. За иглой находится калиброванное отверстие (жиклер) *J*, определяющее расход топлива. При помощи регулирующего клапана *B*, управляемого от руки, шофер может резко обогащать рабочую смесь, подводя топливо, помимо жиклера, при дуске мотора в ход. Карбюратор имеет два диффузора, сидящие один в другом так, что конец диффузора *C* находится в самом узком



Фиг. 29.

дросселе воздух со скоростью, зависящей от числа оборотов мотора, просасывается через корсет *K*, образуя у верхних отверстий форсунки *C* разрежение, большее, чем у нижних, так как первые помещаются в самом узком сечении корсета. Благодаря этому часть воздуха проникает в форсунку, через кольцевую щель проходит в упомянутые выше отверстия распылителя, подхватывает притекающий из нижнего калиброванного отверстия *C* бензин, перемешивается с ним и в виде очень богатой смеси выбрасывается в диффузор. С увеличением числа оборотов на полном дросселе нормальное обогащение рабочей смеси компенсируется тем, что, благодаря повышению разрежения, большее количество тормозящего воздуха попадает в форсунку и уровень топлива в распылителе *C* понижается, вследствие чего открывается большее количество отверстий для воздуха и уменьшается его разрежение. Все это вызывает обеднение рабочей смеси до нужных пределов. Т. о. нижнее положение топлива, когда все отверстия для топлива открыты, должно соответствовать наибольшему числу оборотов мотора. Описанные мероприятия обеспечивают тонкую и надежную регулировку рабочей смеси, благодаря наличию и должному расположению отверстий для воздуха в распылителе. Высотная регулировка осуществляется в различных типах

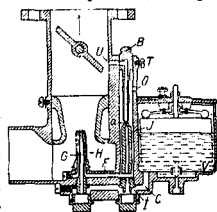


Фиг. 31.

сечении наружного диффузора *D*. Этим достигается большее разрежение у форсунки, чем улучшается распыливание и перемешивание топлива с воздухом без допустимой потери напора. Форсунка *E* вставляется в стакан, образующий одно целое с телом *K*. Получающееся между ними кольцевое пространство соединено многими отверстиями с внутренним каналом форсунки. Как видно из фиг. 31, верхние два ряда отверстий служат для подвода тормозящего воздуха, третий ответвляется от главного воздушного потока при помощи клапана *F*, связанного в своем движении с дроссельной заслонкой; тормозящий воздух через воздушный жиклер *N* направляется в форсунку *E*, регулируя состав рабочей смеси и образуя с вытекающим из форсунки топливом эмульсию. Дроссель воздействует на клапан *F* т. о., что при полном открытии дросселя он прикрывается и рабочая смесь обогащается, чем достигается максимальная мощность. Для работы на холостом ходу при прикрытом дросселе служит трубка *H* (фиг. 30), соединенная с главным жиклером *E* каналом *G*. Вследствие сильного разрежения у прикрытого дросселя топливо высасывается из трубки *H*, перемешивается с тормозящим воздухом, подводимым через специальное отверстие, регулируемое винтом *P*, и полученная эмульсия выбрасывается в основной поток воздуха через отверстие *O*. Для дополнительной подачи топлива при ускорении машины служит трубка *Q* (фиг. 31), соединенная в нижней своей части с поплавковой камерой, а в верхней — с всасывающей трубкой и с наружным воздухом. Верхняя часть кольцевого пространства, к-рое окружает трубку *Q*, соединена с атмосферой, благодаря чему уровень бензина в трубке соответствует уровню в поплавковой камере. Выше этого уровня помещен жиклер *R*, подводящий топливо во внутренний диффузор. При дросселированном моторе топливо высоко поднимается в трубке *Q*, благодаря действующему в ней разрежению у дроссельной заслонки. При внезапном открытии дросселя разрежение падает; одновременно с этим уровень топлива в трубке *Q* понижается, топливо перетекает в кольцевое пространство, соединенное с жиклером *R*, и, проходя через жиклер, обогащает рабочую смесь в *K*. В авиационных *K*. этой фирмы предусмотрена особая конструкция поплавка, обеспечивающая должную подачу топлива при разных наклонах самолета в полете. Высотная регулировка осуществляется изменением давления в поплавковой камере при помощи приспособления, которое действует автоматически.

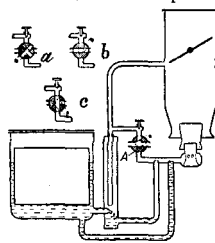
*K*. системы Зенит. Главный жиклер *G* (фиг. 32) соединен непосредственно с поплавковой камерой *V* каналом *C*. В компенсационный жиклер *H*, окружающий главный, топливо попадает из поплавковой камеры через калиброванное отверстие *I* и канал *F*. Колодец *J* сообщается с атмосферой через отверстие *O*. При работе на полном дросселе колодец *J* не содержит топлива, и расход через форсунку *N* обуславливается только уровнем в поплавковой камере и величиной отверстия *I*. При неработающем *K*.

топливо заполняет колодец до уровня в поплавковой камере. При работе на холостом ходу, при прикрытом дросселе, действует пусковой жиклер *A*, подающий топливо непосредственно к дросселю, т. е. к месту наибольшего разрежения. Поступающий при этом через отверстие



Фиг. 32.

отверстие *O* воздух производит тормозящее действие на топливо у *a*, и образованная эмульсия поступает в *K*. по каналу *U*. Отвертыва шуруп *T* и поворачивая деталь *B*, можно изменять состав рабочей смеси при пуске, увеличивая или уменьшая сечение для тормозящего воздуха у жиклера *a*. На фиг. 33 приведена схема многодиффузорного *K*. Как видно, он состоит из трех корсетов, причем каждый внутренний корсет оканчивается в узком сечении наружного. Это дает возможность иметь большие разрежения у форсунки, чем достигается более совершенное распыливание и перемешивание топлива с воздухом. Благодаря этому даже при малых числах оборотов мотора получается разрежение, достаточное для правильного образования рабочей смеси, а при высоких числах оборотов можно достигнуть небольшой потери напора в главном корсете, вследствие того что через малый корсет должна



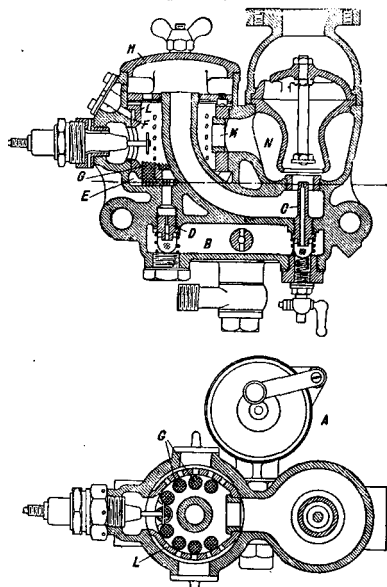
Фиг. 33.

пройти лишь незначительная доля всего воздуха. Оба жиклера, главный и компенсационный, оканчиваются в канале, соединенном с малым диффузором и подающим в него топливо через отверстия, расположенные по окружности. Трубка холостого хода, как это видно, забирает топливо из компенсационного колодца и имеет у верхнего конца колодца калиброванный жиклер. Для возможности регулировать состав рабочей смеси от руки предусмотрен трехходовый кран *A* между трубкой холостого хода и каналом, соединяющим устья жиклеров с диффузором. В левом углу фиг. 33 отдельно изображены все 3 положения трехходового крана *A* для регулировки карбюратора. В положении *a* все каналы перекрыты, так что тормозящий воздух выключен; это положение соответствует пуску в ход, когда полностью используется разрежение для получения богатой смеси. В положении *b* крана, когда тормозящий воздух из атмосферы будет свободно проходить к жиклеру холостого хода, а на два рабочих жиклера не будет действовать, обеспечивается обогащение рабочей смеси для получения максимальной мощности мотора. В положении *c* крана, при котором тормозящий воздух действует на все три форсунки, обеспечивается экономичная

работа двигателя на его нормальном режиме. Высотная регулировка в авиационных К. этой фирмы осуществляется при помощи крышка, соединяющего поплавковую камеру со всасывающей трубой, т. е. по схеме А фиг. 22.

К. фирмы В. М. В. (Bayerische Motoren-Werke) изготавливаются специально для авиационных моторов фирмы В. М. В. Как видно из фиг. 34, К. состоит из трех частей—центральной и двух боковых—с общей поплавковой камерой; рабочая смесь подается в общий коллектор. Средняя часть имеет два жиклера—главный и холостого хода, работающие нормально. Боковые части имеют только главные жиклеры, причем сечения последних, для получения более бедной рабочей смеси, меньше, чем у жиклера средней части. Воздух до поступления в К. просасывается через картер мотора и т. о. подогревается. К. имеет пять дроссельных заслонок, представляющих собою две системы с независимым управлением. Главная система состоит из трех заслонок D, C и D. Вспомогательная система E—E служит для высотной регулировки. Когда заслонки D и E закрыты, как изображено на фиг. 34, средняя заслонка C несколько приоткрыта; это соответствует работе пускового жиклера на холостом ходу. При дальнейшем открывании заслонки C начинает работать главный жиклер средней части К. При среднем положении дросселя C начинают открываться заслонки D, и в сборный коллектор из боковых частей К. благодаря цилиндрич. вырезам в дросселях E поступает более бедная рабочая смесь, разбавляющая смесь, подаваемую центральной частью. Обогащение рабочей смеси с подъемом самолета на высоту компенсируется открытием высотных заслонок E, E, благодаря чему прибавляется большее количество бедной смеси относительно основной рабочей смеси, подаваемой центральной частью. Кроме этого в К. фирмы В. М. В.

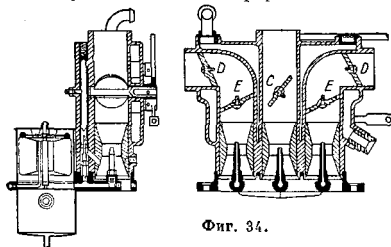
к-рые вставлены асбестовые фитили G. Перед пуском двигателя в ход снимается крышка H и при помощи центральной свечи асбестовые фитили зажимаются, и цилиндр F прогревается. После этого крышка H закрывается и мотор запускается. Большая



Фиг. 35.

часть воздуха через крышку H и литое колесо подводится непосредственно к жиклеру C, меньшая часть его через кольцевое пространство L и отверстия проникает к фитилям и поддерживает их горение. Часть сгоревших газов поднимается вверх и примешивается к свежепоступающему воздуху, подогревая его. Большая часть этих газов через отверстие M поступает в кольцевую камеру N, нагревает стенки внутренней камеры, на которые распыливается топливо, и примешивается к основной массе рабочей смеси у жиклера C. Полученная таким путем переобогащенная рабочая смесь разбавляется воздухом до требуемого состава при помощи особого клапана, соединенного с дросселем. Таким образом в данном К. осуществляется и подогрев поступающего воздуха и нагрев переобогащенной рабочей смеси. Кроме того мотор быстро запускается без помощи бензина.

В К. системы Холлей, находящем широком применении на тракторе Фордзон, осуществлен метод предварительного испарения топлива в небольшом количестве воздуха и дальнейшее перемешивание этой первичной смеси с остальной рабочей воздухом. С этой целью от основной массы воздуха, поступающей через всасывающее отверстие А (фиг. 36) с воздушной заслонкой В, ответвляется в перпендикулярном направлении



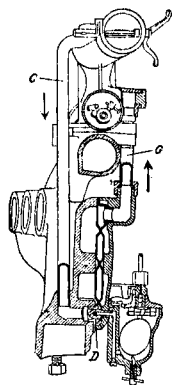
Фиг. 34.

имеется приспособление, позволяющее изменять сечение жиклеров. Окружающая верхнюю часть К. рубашка служит для подогрева рабочей смеси горячей водой, отходящей из мотора.

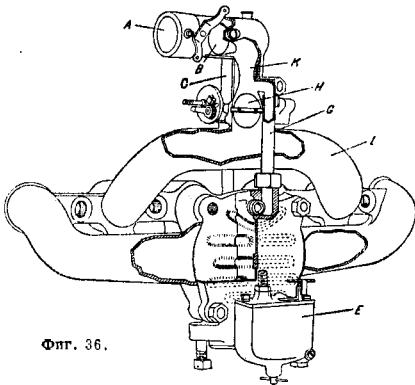
К. для тяжелых топлив. В К. сист. Коммеркар (фиг. 35) нагрев рабочей смеси производится путем предварительного сжигания части топлива. Керосин из поплавковой камеры А подводится по каналу В к основному жиклеру С и частично к вспомогательному жиклеру D. Из последнего он попадает в специальную камеру E, в которую вставлено цилиндрич. тело F с прорезами в стенке и круглыми отверстиями в днище, в

воздушный поток, направляемый по трубе С к жиклеру D, питаемому керосином из поплавковой камеры E. Полученная здесь смесь проходит далее через зигзагообразную камеру, образованную из тонких стальных пластин и омываемую выхлопными га-

зильной очиститель и насыщается водой. Далее часть его, в количестве 2%, по трубе J направляется в смеситель, куда поступает и топливо из поплавковой камеры A, питаемой газойлем или керосином из бака посредством трубки H. Полученная смесь топли-

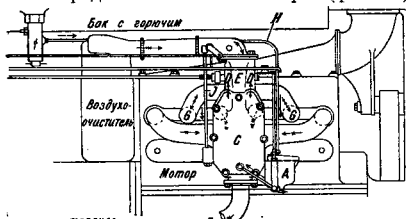


Фиг. 36.



зми. Благодаря значительным вихреобразованиям частицы керосина ударяются о стенки, испаряются и хорошо перемешиваются с воздухом. Полученная первичная смесь по каналу G направляется обратно к основной массе воздушного потока, соединяется с ней выше дроссельной заслонки H у устья диффузора K, который действует засасывающе на смесь из канала G. Образованная здесь рабочая смесь направляется через трубу для смеси L в мотор. После остановки мотора керосин из поплавковой камеры спускается, и последняя заполняется бензином для последующего пуска в ход; этого количества оказывается достаточно для прогрева мотора богатой бензиновой смесью, после чего он переводится на керосин.

К. системы Каталекс работает по принципу крекирования тяжел. топлива, т. е. включает в себя химич. процесс образования легче испаряемых и совершеннее сжигаемых углеводородов. Поэтому его основную часть представляет катализатор C (фиг. 37),



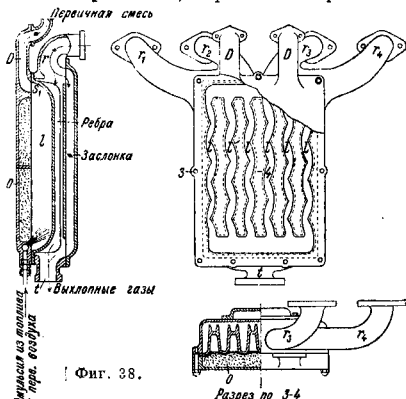
← топливо  
← первичный увлажненный воздух  
← вторичный " " " "  
← общий поток воздуха

→ выхлопные газы  
→ рабочая смесь  
→ первичный газ

Фиг. 37.

в к-ром осуществляется указанный процесс. Весь воздух, необходимый для питания двигателя, предварительно проходит через воз-

регулировать количество тепла, передаваемое смеси в катализаторе. Каналы l замыкает сменная крышка O, хорошо изолированная



Фиг. 38.

Разрез по 3-4

При прохождении эмульсии через катализатор имеют место эндотермич. (испарение, разложение) и экзотермич. процессы. Следствием этих процессов являются изменение молекулярного строения составляющих топлива, частичная газификация, большая склонность молекул к окислению вследствие их более простого строения и окисление небольших количеств водорода и углерода, освобожденных во время крекинг-процесса. Полученная таким путем тонко перемешанная первичная смесь состоит из небольшого количества стойких газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ), паров воды, паров крекированных углеводородов и небольшого количества альдегидов и алкоholes. Эта смесь обладает антидетонирующими свойствами и сгорает очень

совершенно. Через отверстия  $s_1$  она поступает в каналы  $D$ , в к-рых охлаждается и далее примешивается к основной массе воздуха в патрубке  $E$  (фиг. 37), откуда и направляется во всасывающую трубу  $G$ . Описанный К. обеспечивает, по данным испытания, ту же мощность и экономику мотора, что и при работе на бензине.

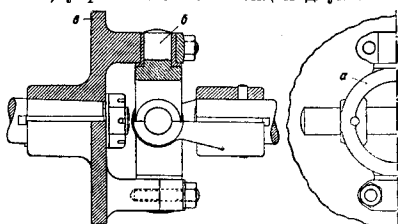
Лит.: Маркс Л., Авиационные двигатели, пер. с нем., М., 1925; Брилинг Н. Р., Применение спирта в двигателях внутр. сгорания, II, 1915; Нейдт Р. М., Automobilbau, В. 4—Vergaser u. Brennstoffe, Berlin, 1927; Нейдт А., Motorwagen und Fahrzeugmaschinen für Flüssigen Brennstoff, 2 Auflage, Berlin, 1925; Дешампс Н., Vergaser, 2 Auflage, Berlin, 1922. С. Алексеев.

**КАРБИУРЫ**, богатые углеродом углеводороды, содержащиеся в нек-рых нефтян. погонах, напр. керосине. К. растворимы в избытке серной к-ты. Значительная примесь их в керосине сообщает пламени последнего мигание и красноватый цвет, небольшая же примесь К. может даже повысить силу света пламени. Возможно, что К. принадлежит к одному из ароматич. рядов, однако природа их остается неисследованной. К. следует отличать от карбенов и карбидов—веществ, родственных асфальтенам (см. *Асфальт нефтяной*).

**КАРДАМОН**, плоды растения *Elettaria cardamomum* из сем. имбирных. Плод содержит 9—18 семян, из к-рых получают путем перегонки кардамоновое масло, от 3 до 8%, уд. в. 0,923—0,944, идущее при изготовлении нек-рых сортов ликеров. Семена К. употребляют также и в пищевой промышленности. На рынке известны сорта: цейлонский, яванский, китайский круглый, камерунский и пр.

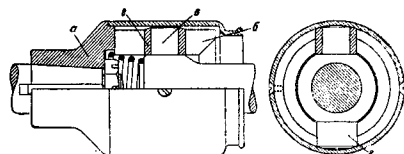
**КАРДАНЫЕ ВАЛЫ**. Отличительным признаком К. в. является наличие на одном или на обоих его концах специальных гибких соединений, благодаря к-рым вращательное движение одного вала м. б. передано другому при изменяющемся угле между пересекающимися осями валов. Гибкими соединениями или сочленениями для К. в. наиболее часто служат универсальные шарниры, называемые шарниром Гука и карданные сочленения (см. *Гука шарнир* и *Гибкие соединения*). К. в. широко применяются в автостроении для передачи работы от сцепления к коробке перемены передач, от последней к

изображена конструкция распространенного карданного сочленения: разъемное кольцо  $a$  шарнирно соединяется с цапфами  $b$  двух вилок  $c$ , укрепленных на концах двух К. в.



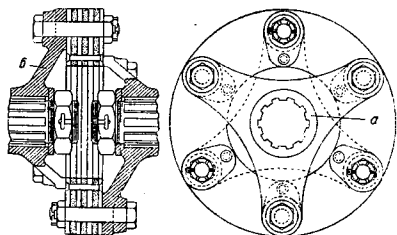
Фиг. 2.

Несколько видоизмененный тип карданного сочленения, изображенный на фиг. 2, состоит из кольца  $a$ , снабженного четырьмя цапфами  $b$ ; одна из вилок заменена двумя подшипниками, отличными как одно целое с



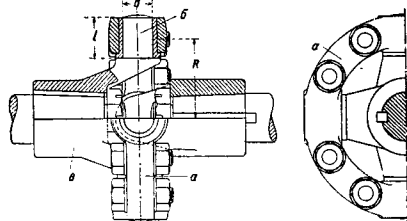
Фиг. 3.

диском  $e$  тормозного барабана или механизма сцепления, что дает компактность всей конструкции. В том случае, когда К. в. во время работы испытывают линейное перемещение вдоль их оси, применяется карданное сочленение, состоящее из стального



Фиг. 4.

стакана  $a$  (фиг. 3), укрепленного на одном из валов, причем стакан имеет два диаметрально расположенных прореза  $b$ ; конец другого вала снабжается двумя цапфами  $c$ , на к-рые свободно посажены стальные, термически обработанные сухарики  $z$ , которые точно пришлифовываются по размерам прорезов  $b$ . В том случае, когда угол отклонения К. в. незначителен, их соединяют при помощи упругих (из специальных тканей) дисков. При этой конструкции (фиг. 4) концы К. в. снабжаются скользящими по прорезам вала муфтами  $a$  с тремя лапками  $b$ . Между лапками муфты прокладывается несколько упругих дисков, соединенных с лапками болтами; для большей надежности



Фиг. 1.

дифференциалу и в некоторых конструкциях автомобилей—для передачи вращения от дифференциала к задним или передним ведущим колесам.

Конструктивное выполнение карданных сочленений. На фиг. 1

в работе дисков отверстия для болтов в дисках снабжают бронзовыми или стальными втулками.

Определение прочных размеров карданных сочленений. Диаметр  $d$  (в см) (фиг. 1) крестовины карданного сочленения определяется по ф-ле:

$$0,1d^3 \cdot k = \frac{1}{2} \cdot \frac{P \cdot l}{\cos \alpha \cdot a^2}$$

где  $P$ —окружное усилие в кг,  $l$ —длина цапфы в см,  $\alpha$ —максимальный угол отклонения осей валов,  $k$ —допускаемое напряжение в кг/см<sup>2</sup>. Окружное усилие  $P$  определяется из уравнения:

$$P = \frac{M_d}{R},$$

где  $R$ —радиус карданной крестовины в см и  $M_d$ —максимальный крутящий момент в кгсм

на первой передаче (скорости). Отношение  $l:d$  обычно выполняется равным 1,25. Расстояние  $2R$  между цапфами выполняется равным трем диаметрам  $K$ . в.

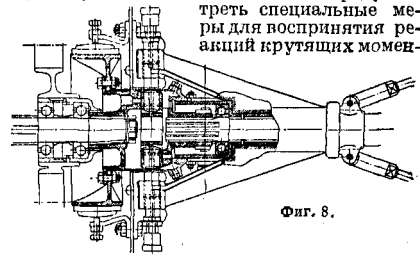
Предохранение карданных сочленений от грязи достигается применением кожаных или металлических картеров (фиг. 5), которые заполняются смазкой, обеспечивающей также и смазку цапф крестовины.

Конструкция картеров должна предусматривать возможность свободного изменения угла между осями валов; в этом отношении наиболее совершенными являются картеры, соединяющиеся по сферическим поверхностям.

Конструктивное выполнение  $K$ . в., передающего вращение задним ведущим колесам автомобиля. Существуют 2 системы передачи вращения при

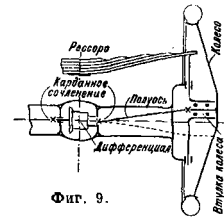
помощи  $K$ . в.: с двумя карданами и с одним карданом. В первом случае осуществляется требование сохранения угловой скорости двух валов (вторичный вал коробки пере-

мены передач и вал ведущей шестерни дифференциала) в каждый момент одинаковой. При двух карданах необходимо предусмотреть специальные меры для восприятия реакций крутящих моментов



Фиг. 8.

тот от зубчатой или червячной передачи заднего моста, от торможения и для передачи толкающих усилий ведущим колес.

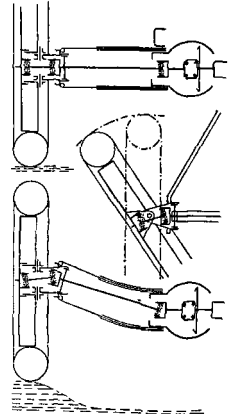


Фиг. 9.

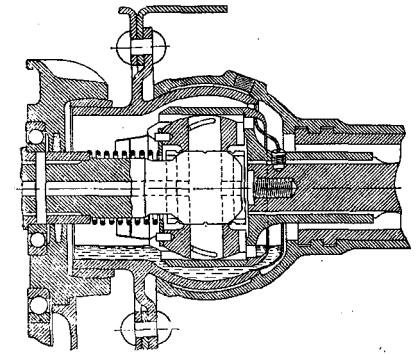
том случае, если указанные усилия воспримутся задними рессорами, последние должны иметь только одну заднюю сержку, передний же их конец шарнирно соединяется с рамой автомобиля при помощи рессорного пальца. В этой системе необходимо обеспечить свободное изменение длины  $K$ . в. при деформациях рессоры. При одном карданном сочленении, хотя и не достигают точного равенства угловых скоростей между ведущим и ведомым

валами, но значительно упрощается передача сил реакции раме автомобиля при помощи карданной трубы. Что же касается неравномерности угловых скоростей, то при небольших углах отклонения практически значения она не имеет. Карданная труба жестко соединяется с картером заднего моста и в передней своей части имеет шаровое сочленение, центр которого должен совпадать с центром крестовины  $K$ . в. Шаровое сочленение соединяется с коробочкой перемены передач (фиг. 6), в автомобилях же большой мощности—со специальной траверсой рамы (фиг. 7). В отдельных конструкциях шаровые сочленения заменяют вилкой, шарнирно соединенной с траверсой (фиг. 8).

Передача на передние колеса. Примером конструктивного выполнения



Фиг. 10.

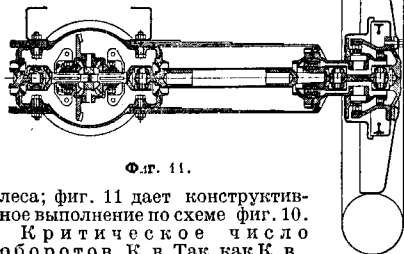


Фиг. 7.

помощи  $K$ . в.: с двумя карданами и с одним карданом. В первом случае осуществляется требование сохранения угловой скорости двух валов (вторичный вал коробки пере-

дачи на передние колеса. Примером конструктивного выполнения

передат при помощи К. в. к качающимся передним колесам, являющимся в то же время направляющими колесами (т. е. связанными с рулевым управлением), могут служить схемы на фиг. 9 и 10; на фиг. 10 показано также положение К. в. при повороте ко-



Фиг. 11.

леса; фиг. 11 дает конструктивное выполнение по схеме фиг. 10.

Критическое число оборотов К. в. Так как К. в., соединяющий коробку перемены передач с задним мостом автомобиля, имеет относительно большую длину и работает с большим числом оборотов, то, помимо обычного расчета на прочность (см. *Валы*), К. в. необходимо проверить и на критическую скорость. Критич. число оборотов определяют по ф-ле:

$$n_k = 5,55 \sqrt{\frac{g \cdot E \cdot I}{G \cdot l^3}}$$

где  $l$ —длина вала между опорами в см,  $G$ —вес вала в кг,  $E$ —модуль упругости материала вала в кг/см<sup>2</sup>,  $I$ —момент инерции сечения вала в см<sup>4</sup>, или же по ф-ле:

$$n_k = 300 \sqrt{\frac{f}{j}}$$

где  $f$ —стрела прогиба вала от собственного веса. Для увеличения момента инерции К. в. последние в настоящее время выполняются из стальных труб относительно большого диаметра с тонкими стенками.

*Лит.:* Г р и б о в И., Автомобили, ч. 2—Шасси. 7 изд., М., 1928; В у з з и е в Р., Automobiltechnisches Handbuch, 12 Aufl., Berlin, 1928; Н е й л т Р., Automobilbau, V. 2, Berlin, 1922; H e i l e r A., Motorwagen u. Fahrzeugmaschinen f. flüssigen Brennstoff, 2 Aufl., B. 1, V., 1925; D y k e's Automobile a. Gasoline Engine Encyclopedia, Chicago, 1926. Б. Шпринк.

**КАРДИОИДНЫЕ СХЕМЫ** радиоприема и радиопередатчи, наиболее часто встречающийся на практике частный случай комбинации в целях получения однопольного приема или излучения открытой и замкнутой антенны (см.).

Т. к. значительное применение К. с. имеют пока только при радиоприеме, то дальнейшие выводы приспособлены именно для случая К. с. при приеме. Связь открытой и замкнутой антенны, эффекты приема в которых далее комбинируются в промежуточном или основном контуре приемника, обычно выбирается индуктивной (фиг. 1). Если эдс, получающаяся в открытой антенне, выражается уравнением:

$$e_{o.a.} = E_{o.a.} \sin \omega t,$$

а электродвижущая сила в замкнутой ан-

тенне (активным падением напряжения в последней пренебрегают)

$$e_{z.a.} = E_{z.a.} \cos \varphi \cos \omega t,$$

где  $\varphi$ —угол, составленный направлением волны с плоскостью замкнутой антенны, то, обозначая через  $M$  коэф. взаимной индукции между открытой и замкнутой антеннами, имеем для эдс  $e_s$ , индуктирующейся в катушке  $L$  от открытой антенны,

$$e_s = \frac{\omega M E_{o.a.}}{R} \cos \omega t = E_s \cos \omega t,$$

где  $R$ —активное сопротивление открытой антенны (к-рая устраивается аперидиотичной путем специально включенного сопротивления порядка десятка тысяч  $\Omega$ ). Полная эдс в контуре приемника:

$$e_{рез.} = E_{z.a.} (\sin \varphi + E_s) \cos \omega t.$$

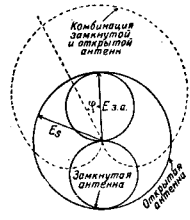
Это ур-ие—для общего случая комбинации открытой и замкнутой антенн; если выбрать в частности  $E_{z.a.} = E_s$ , то для амплитуд получается ур-ие:

$$e_{рез.} = E_{z.a.} (1 + \cos \varphi),$$

представляющее кривую, характеризующую силу приема в разных направлениях (фиг. 2) и называемую кардиоидой. Для получения К. с., как показывает дальнейший анализ, требуется соблюдение условия

$$\frac{Mch_a}{RSn} = 1,$$

где  $S$  и  $n$ —площадь одного витка и число их в замкнутой антенне,  $h_a$ —действующая высота открытой антенны,  $c$ —скорость света. Форма полученной кривой показывает, что применение К. с. позволяет установить излучение или прием с одним максимальным и одним минимальным направлением (причем эти азимуты прямо противоположны). В смысле остроты направленности кривая при К. с. менее благоприятна, чем характеристика, получающаяся при только замкнутой антенне (на фиг. 2 две малые окружности); например при отклонении направления волны от плоскости замкнутой антенны: а) при К. с. смещение азимута на  $10^\circ$  вызывает уменьшение эдс на 1,5%, б) при «восьмерочной» схеме (две окружности) смещение азимута уже на  $1^\circ$  вызывает уменьшение эдс на 1,7%. Подробности о направленном действии К. с. см. *Направленное радио*. О фазовых соотношениях при приеме по К. с. и условиях получения правильной кардиоидной характеристики см. *Гониометр*.



Фиг. 2.

На практике б. ч. осуществляется подвеска открытой и замкнутой антенны к одной и той же точке опоры. В случае малых рамок применяют в качестве открытой антенны выдвинутые стерженьки. Часто для получения К. с. используют вместо отдельных открытых антенн «эффект открытой антенны» (или вертикальный), в замкнутой же антенне—путем заземления средней точки последней (см. *Гониометр*, фиг. 14). На фиг. 15 статьи *Гониометр* показаны характеристики, по-



лученные на практике при К. с., примененной к двум гониометрам, включенным на один и тот же приемник.

К. с. широко используются: 1) при пеленговании (см. *Пеленгаторы*) для получения однозначного пеленга, 2) при многократном радиоприеме (см.) для резкого абсолютного минимума приема и получения диаграммы направленности вида, отличающегося от кардиоиды (если  $E_x \neq E_y$ ), 3) в радиомаяках (см.). К. с. нашли себе применение лишь с 1929 г.

Кардиоидная характеристика м. б. получена также комбинацией из трех ненаправленных (открытых) антенн, расположенных на одной прямой [4]. В этом случае диаграмма направленности для нормального случая приема (без учета нисходящих волн) подчиняется ур-ю:

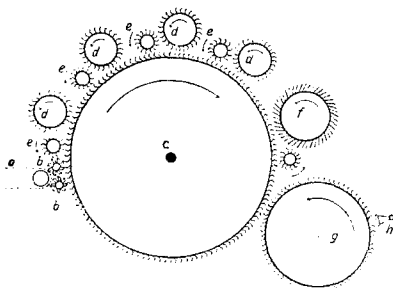
$$E_{\text{рез.}} = B(1 + \sin \frac{\pi d'}{\lambda} \cdot \cos \alpha),$$

в котором  $d'$  — расстояние между соседними антеннами.

Лит.: 1) E s a u A., Richtcharakteristiken u. Antennenkombinationen, «Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», В., 1926, В. 38, 1.  
Важенов В. И., Направленный радиоприем, «Радиотехник», Н.-Новгород, 1919—21, 8—15; М е s n y R., Usage des cadres et la radiogoniométrie, P., 1925; W r i g h t G. M. and S m i t h S. B., «The Radio Review», L., 1924, v. 2, p. 394—403; K e e n R., Direction a. Position Finding by Wireless, 2 edition, London, 1927.

**КАРДНАЯ ЛЕНТА**, карда, см. *Кардная производств.*

**КАРДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**, производство кард для кардочесальных машин. Кардой, или кардной лентой, называется шетка из стальных игол или скобок, покрывающая рабочие поверхности кардных машин и служа-

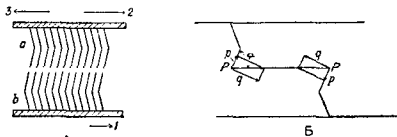


Фиг. 1.

щая для расчесывания волокон при приготовлении их к пряждению. Цель кардочесания — разрыхление материала и удаление примесей, отделение волокон друг от друга, равномерное их распределение и в конечном итоге их параллелизация. Для указанных целей применяются различного рода карды, в соответствии с обрабатываемым материалом: 1) для шерсти — лента шириною 38—56 мм, состоящая из нескольких слоев хл.-бум. ткани, склеенных резиновым клеем, с наклеенных сверху войлоком; 2) для хлопка — лента шир. 19—51 мм, состоящая из нескольких слоев хл.-бум. ткани (для основных сортов — с прокладкой полудельной ткани), склеенных резиновым клеем, и покрытая сверху

слоем натуральной резины; 3) для льна — лента из деревянных планок. Сквозь кардную ленту пропускаются скобочки из стальной проволоки, а через планки льняной карды — стальные иглы в строго определенном порядке и количестве.

**Шерстяные и хл.-бум. карды.** Схема работы карды показана на фиг. 1 (взята схема простейшей кардной машины, работающей на расчесывание шерсти). Питательный столик  $a$  подает шерсть, к-рая захватывается валиками  $b$ ,  $b$  и передается ими на барабан  $c$ . Над барабаном расположен ряд валиков, назначение к-рых — прочесывать шерсть; самый прочес выполняется т. н. рабочими валиками  $d$ , имеющими более медленное вращательное движение, чем барабан, и направленные в ту же сторону. Курьерчики  $e$ , вращающиеся быстрее, чем рабочие валики, снимают оставшийся на рабочих валиках  $d$  и возвращают его на барабан. Бегун  $f$  имеет значительно более быстрое движение, чем барабан; захватывая своими скобками кардную обтяжку барабана, он поднимает прочесанную шерсть на поверхность кардной

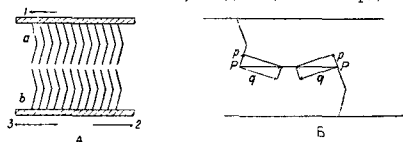


Фиг. 2.

ленты барабана и тем самым дает возможность последнему рабочему органу машины, пеньеру  $g$ , вращающемуся медленнее барабана, снимать шерсть с последнего. Гребень  $h$  окончательно снимает весь прочес с кардной машины.

Расположение игол кардной ленты может быть двояким: 1) иглы наклонно своим направлены в разные стороны, 2) иглы направлены в одну сторону.

С л у ч а й 1 (фиг. 2, А). Возможны три комбинации: 1) карда  $a$  находится в состоянии покоя; 2) карда  $a$  движется в ту же сторону, что и карда  $b$ , причем движение должно обязательно происходить с разной скоростью; 3) карда  $a$  движется в противоположную сторону. Во всех трех случаях карда  $b$  движется в направлении стрелки 1 со скоростью  $v_b$ . На практике 1-я комбинация не встречается, потому что прочес будет идти только до тех пор, пока карда  $a$  не будет затолпена волокнами, оседающими в кардном



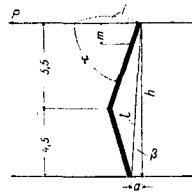
Фиг. 3.

покрые, а затем он прекратится. Рабочая скорость для 2-й комбинации  $v = v_b - v_a$  (предполагая, что  $b$  движется быстрее, чем  $a$ ); для 3-й комбинации  $v = v_b + v_a$ . На фиг. 2, Б, видны две совместно работающие скобочки, захва-

тившие волокно и натянувшие его с силой  $P$ . Разлагая силу  $P$  на силу  $p$ , идущую по направлению иглы, и силу  $q$ , направленную перпендикулярно к ней, получим:

$$p = P \cos \alpha \quad \text{и} \quad q = P \sin \alpha.$$

Сила  $p$  стремится втолкнуть волокно внутрь кардного покрова, сила же  $q$  будет стремиться сбросить волокно с иглы.



Фиг. 4.

Случай 2 (фиг. 3, А). Те же три возможные комбинации. Разложение силы  $P$  показывает (фиг. 3, Б), что сила  $p$  для скобочек карды  $a$  стремится втолкнуть волокно внутрь карды, для скобочек же карды  $b$  — стремится сбросить его с иглы. Соответственно этому действует сила  $q$ , стремясь для карды  $a$  сбросить волокно с иглы и втолкнуть его в кардный покров  $b$ .

Из вышеизложенного следует, что иглы, направленные своим наклоном в одну сто-

$$a = h \operatorname{tg} \beta \quad \text{и} \quad l = \frac{h}{\cos \beta}.$$

Если скобочка под действием силы  $P$  выпрямляется, то

$$i = l - h = h \left( \frac{1}{\cos \beta} - 1 \right).$$

Принимая (для хлопчатобумажной ленты) угол  $\alpha = 75^\circ$ , угол  $\beta = 5^\circ$  и  $h = 10$  мм, получим:  $a = 0,875$  мм,  $l = 10,04$  мм,  $i = 0,04$  мм. Если предположить, что (в самом худшем случае) оба кардных покрова поднимаются на указанную величину, то расстояние между кардами будет  $0,1524 - 2 \cdot 0,04 = 0,0724$ , т. е. приблизительно будет равно половине нормального расстояния, что приведет к более сильной разработке волокон, но не прекратит самого процесса протеса.

В основном карда носит название тех рабочих органов, к-рые она обтягивает: 1) для шерсти—барaban, пеньер, рабочий валик, курьерчик и т. д.; 2) для хлопка—барaban, вальн, очистительная и т. д.; 3) для льна—барабанные, вальняные, съемные планки и т. д. Каждый из этих видов карды имеет свои определенные признаки, характеристика которых дана в табл. 1.

Табл. 1.—Характеристика кардных лент.

Сорт ленты	Описание	Ширина основания в мм	Высота скобки в мм	Угол наклона скобки в градусах	Нормальное натяжение в кг
<b>Для шерсти:</b>					
Барaban	7 сл. сарни + 1 сл. войлока толщ. 4,5 мм	56	12,5	60	170
Пеньер	Такое же	56	12,5	60	150
Рабочий валик	6 сл. сарни + 1 сл. войлока толщ. 4,5 мм	46	12,5	60	120
Курьерчик	Такое же	38	12,5	60	90
Бегун	5 сл. сарни + 1 сл. войлока толщ. 2,5 мм	46	26,0	60	90
<b>Для хлопка:</b>					
Барaban	3 сл. сарни + 2 сл. полутьляной ткани + 1 сл. натуральной резины	51	10,0	60	135
Вальн	Такое же*	38	10,0	60	102
Очистительная	2 сл. сарни + 1 сл. полутьляной ткани + 1 сл. натуральной резины	38	21,0	55	65
Шлифовальная	Такое же	38	21,0	70	65

\* Для указанных здесь вальнов (реже для барабанов) основание заменяется иногда, по желанию потребителей, основанием «вулен», представляющим собою два слоя сарни с шерстяной прокладкой между ними, причем все это проклеено животным клеем.

рону, заставляют волокно переходить с одного рабочего органа на другой, а иглы, имеющие наклон в разные стороны, производят разрыхление волокна, распрямление его и прочее.

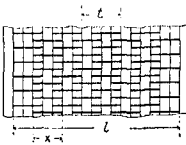
Конструкция скобочек основана на том, что два совместно работающих кардных покрова устанавливаются друг против друга на расстоянии  $0,1524 - 0,2032$  мм; следовательно чрезвычайно важно, чтобы силы, стремящиеся выпрямить скобочку, не могли поднять ее настолько, чтобы повредить работе протеса. Предполагая, что величина подъема скобочки (фиг. 4) равняется  $i$ , расстояние от основания скобочки до основания перпендикуляра  $h$ , проведенного через острие иглочки, равно  $a$  и расстояние от основания скобочки до острия ее равно  $l$ , получим:

Помимо этих признаков, сорта ленты отличаются между собой еще количеством скобочек и порядком их расположения. Порядок, или т. н. набор кардной ленты, в значительной степени определяет работу карды. Основных видов набора существует три: 1) открытый, или обыкновенный, барабанный (фиг. 5), 2) колонный (фиг. 6, 7, 8) и 3) косой (фиг. 9, 10). Колонный набор делится на двухскобочный (фиг. 6), трехскобочный (фиг. 7) и четырехскобочный (фиг. 8); определяющий момент—количество скобочек, повторяющихся в одной вертикальной колонке. Косой набор делится на набор в  $\frac{1}{2}$  скобки (фиг. 9) и набор в  $\frac{1}{3}$  скобки (фиг. 10); определяющий момент—величина смещения каждой последующей скобки в одной и той же косой колонке. На фиг. 5—10

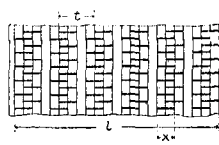
показано расположение поперечин скобок на изнанке ленты. Нужно иметь в виду, что открытый набор в настоящее время почти совершенно вышел из употребления вследствие одного существенного недостатка: фиг. 11 и 12, из которых первый изображает

6) для косога набора в  $\frac{1}{2}$  скобки (см. ниже: фиг. 10);  $x = \frac{3l}{n+2}$ .

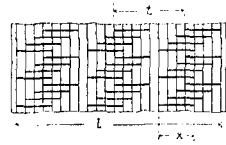
Одним из важнейших признаков, характеризующих кардную ленту, является частота посадки скобок на единице площади



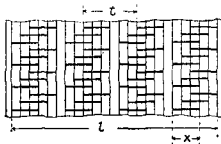
Фиг. 5.



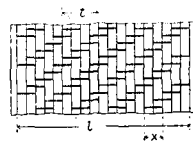
Фиг. 6.



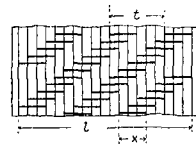
Фиг. 7.



Фиг. 8.

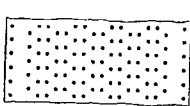


Фиг. 9.

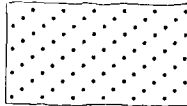


Фиг. 10.

лицевую сторону открытого набора, а вторая—колонного набора, показывают, что открытый набор дает по бокам прогалыны, в то время как колонный имеет совершенно



Фиг. 11.



Фиг. 12.

равномерное распределение игол, чем достигается гораздо лучшим прочес. Двухскобочные и четырехскобочные наборы также почти изъяты из употребления, потому что трехскобочный набор гораздо равномернее.

Для определения ширины скобок служат следующие ф-лы. Обозначая через  $t$  шаг скобки (расстояние по ширине ленты от начала одной скобки до начала другой, выраженное в делениях), через  $l$ —ширину ленты по набору (в мм), через  $n$ —число колонок, через  $x$ —искомую ширину скобки, выраженную в мм, получим:

1) для открытого набора (фиг. 5):  $t=4$  делениям;  $x = \frac{3l}{4}$ ;  $l = nt + \frac{l}{4} = t \left( n + \frac{1}{4} \right)$ , откуда

$$t = \frac{4l}{4n+1} \quad \text{и} \quad x = \frac{3l}{4n+1}$$

Таким же образом получаем:

2) для колонного двухскобочного набора (фиг. 6):  $x = \frac{2l}{4n-1}$ ;

3) для колонного трехскобочного набора (фиг. 7):  $x = \frac{3l}{6n-1}$ ;

4) для колонного четырехскобочного набора (фиг. 8):  $x = \frac{4l}{8n-1}$ ;

5) для косога набора в  $\frac{1}{2}$  скобки (для косых наборов  $n$ —число скобок, помещающихся в одной косога колонке; фиг. 9):  $x = \frac{2l}{n+1}$ ;

ее. Табл. 2 (ст. 829) дает представление о частоте набора некоторых главнейших видов кардной ленты.

Из табл. 2 видно, что шерстяная и хл.-бум. ленты имеют различные нумерации: для шерстяной ленты применяются номера порядка 12—30, а для хлопчатобумажной—60—140. В основе нумерации для шерстяной ленты лежит французско-немецкая система, для хлопчатобумажной—английская. Английская сист. основана на подсчете числа скобок, приходящихся на 1 дм.<sup>2</sup> поверхности карды (правило для определения №: число скобок в 1 дм.<sup>2</sup> разделить на 2,5); французско-немецкая система основана на подсчете числа игол, приходящихся по ширине ленты на два ряда скобок при открытом (обыкновенном) наборе. Естественно конечно, что № ленты также тесно связан с диаметром употребленной проволоки: соотношения №№ видны из той же табл. 2.

Несколько отличным от перечисленных типов кардной ленты является колковая лента. Основание ее обычно составляют слои саржи + 6 слоев парусины; скобочки сделаны из железной секторальной проволоки профилей (по Стубсу) № 12/23, 15/18, 16/19, 18/21 и 19/22. Колковая лента № 12/23 часто употребляется на фабриках для обтяжки приемных валиков чесальных машин, заменяя собою зубчатую проволоку (гарнет). Колковая кардная лента применяется главным образом в кустарных и полкустарных производствах (вальное, шерстобитное дело и т. п.).

Совершенно особняком стоит так называемая с т и л ь н а я карда, самостоятельного значения не имеющая и являющаяся лишь вспомогательной для работы основной карды. Она изготовляется в виде небольших листов (обычно 250×100 мм); основанием ее служат 5 слоев саржи и 1 слой натуральной резины; скобочки значительно выше скобочек обыкновенной кардной ленты; высота их равна 12 мм, угол наклона—40°. Чистильными кардами снимают вручную весь осев-

Табл. 2.—Набор главнейших видов кардной ленты.

Сорт ленты	№ ленты	Диам. провол. в мм	№ провол. по кардн. калибру	Число скоб на 1 дм. <sup>2</sup>	Сорт ленты	№ ленты	Диам. провол. в мм	№ провол. по кардн. калибру	Число скоб на 1 дм. <sup>2</sup>
Для шерсти:					Для шерсти:				
Барабан . . .	14	0,45	27	95	Пеньер . . .	14	0,45	27	115
» . . .	16	0,40	28	115	» . . .	16	0,40	28	135
» . . .	18	0,37	29	135	» . . .	18	0,37	29	160
» . . .	20	0,34	30	160	» . . .	20	0,34	30	190
» . . .	22	0,31	31	190	» . . .	22	0,31	31	225
» . . .	24	0,28	32	225	» . . .	24	0,28	32	260
» . . .	26	0,26	33	260	» . . .	26	0,26	33	290
» . . .	28	0,24	34	290	» . . .	28	0,24	34	325
Для хлопка:					Для хлопка:				
Барабан . . .	60	0,50	26	150	Вальн . . .	70	0,45	27	175
» . . .	70	0,45	27	175	» . . .	80	0,40	28	200
» . . .	80	0,40	28	200	» . . .	90	0,37	29	225
» . . .	90	0,37	29	225	» . . .	100	0,34	30	250
» . . .	100	0,34	30	250	» . . .	110	0,31	31	275
» . . .	110	0,31	31	275	» . . .	120	0,28	32	300
» . . .	120	0,28	32	300	» . . .	130	0,26	33	325
» . . .	130	0,26	33	325					

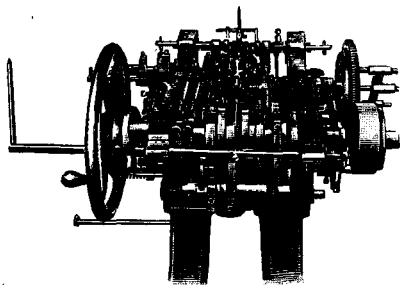
ший на основной кардной ленте начес. Тем же целым (только для механич. начесения) служат т. н. штучные или листовые карды, набиваемые на валик чесальной аппарата либо параллельно его оси либо винтообразно; размеры их и технич. условия чрезвычайно разнообразны и зависят в большинстве случаев от желания потребителей и конструкции их чесальных аппаратов.

Для хорошей и долговечной работы кардной ленты очень важна правильная ее обтяжка на соответствующих органах чесальной машины. Лучше всего обтяжку производит при помощи натяжного аппарата Дронсфильда; этот аппарат представляет собою скользящий по винту супорт, снабженный сильной пружиной, с приспособлением для зажима ленты, и может развить усилие до 200 кг. В случае отсутствия аппарата Дронсфильда допустима обтяжка при помощи комбинации блока с грузом, подвешиваемым на ленту. Нормальное напряжение при обтяжке ленты на органы чесальной машины показано в табл. 1.

В СССР в настоящее время разрабатывается обязательный стандарт кардной ленты. По этому стандарту предполагается внести ряд упрощений и изменений, долженствующих значительно упростить изготовление кард. Набор для барабанов и вальнов хлопчатобумажной карды и для барабанов, пеньеров, рабочих валиков и курьерчиков принимается исключительно трехскобочный колононый; для очистительных, шифловальных и фанельных лент—косой в 1/4 скобки; число скобок в одной косой колононе—30; для бегунов—косой набор в 1/2 скобки, число скобок в одной косой колононе—24. Ширина лент принимается: а) для шерстяных барабанов и пеньеров—56 мм, для рабочих валиков и курьерчиков—28 мм, для бегунов—48 мм; б) для хлопчатобумажных барабанов и вальнов—51 мм, причем лента, идущая на обтяжку рабочих валиков и курьерчиков (хлопчатобумажных), разрезается по всей длине пополам и по ширине следовательно равна 25,5 мм, а для фанельных, очистительных и шифловальных лент—38 мм. Число колонок в наборе принимается для шерстяных барабанов и пеньеров равным 8—до № 22 включительно и равным 10—от № 24 и выше. Соответственно этому для рабочих валиков принимается 4 и 5 колонок. Для кл.-бум. барабанов и вальнов—8 колонок для всех №№. Указанные здесь данные естественно в первую очередь обсуждения их всей текстильной промышленностью могут еще измениться.

Основными материалами в К. п. служат стальная проволока и различного вида осно-

вания. Проволока употребляется стальная, закаленная и отпущенная, диаметром 0,50—0,22 мм. Основание, поступающее на кардолентную ф-ку в виде больших рулонов (диаметром до 1 м и шириной до 1,38 м), направляется в кройный цех фабрики, где на кройльных машинах оно разрезается на ленты

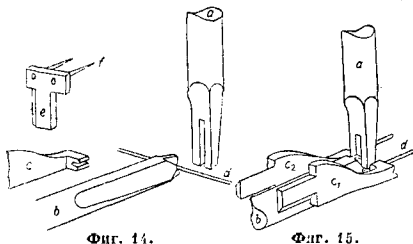


Фиг. 13.

необходимой ширины. Кройная машина представляет собою пару тяжелых тянущих валов, имеющих впереди себя рамку с количеством ножей по числу раскраиваемых лент. Следующая операция—склейка ленты до необходимой длины (ленты приклеиваются одна к другой наподобие кожного приводного ремня, путем сведения двух приклеиваемых концов на-лет). Затем лента отмеряется по длине и передается в следующий цех—кардонаборный, являющийся основным цехом фабрики.

В кардонаборном цехе раскромсанные основы пропускаются через специальные станки-автоматы, к-рые производят набор ленты, т. е. в известном закономерном порядке вставляют в основание скобочки из стальной проволоки. Общий вид станка дан на фиг. 13. Схема работы кардонаборного станка такова. Проволока с мотков на небольших барабанах, установленных сбоку станка и вращаю-

щихся по направлению хода проволоки, захватывается подавателем, зажимается между двумя стальными калеными губами и подается через стальную трубочку вперед на отрезок, равный длине скобочки в развернутом виде. Затем проволока зажимается прижимником, удерживающим ее все время, пока скобка не будет согнута и вставлена на место. С момента захвата проволоки прижимником подаватель начинает обратное движение и возвращается в свое первоначальное положение. В это время свободный конец проволоки, лежащей за стальной трубочкой, подхватывается носиком *a* и прибивальником *b* (фиг. 14), и, после того как проволока *d* будет крепко захвачена указанными приспособлениями, она отрезается стальными ножками. За это время ударник (петер), снабженный головкой *e* с двумя иглами *f*, накалывает в основании ленты два соответствующих отверстия. Щечки *c*<sub>1</sub> и *c*<sub>2</sub> (фиг. 15) загибают проволоку вокруг носика, и затем вся система каретки, на к-рой укреплены щечки, носик, прибивальник и т. д., движется вперед и подводит скобку к проколотым отверстиям, куда она и вдвигается, причем находящееся с другой стороны основания приспособление (колечка) загибает проволоку под заданным углом. После этого носик поднимается квер-



Фиг. 14.

Фиг. 15.

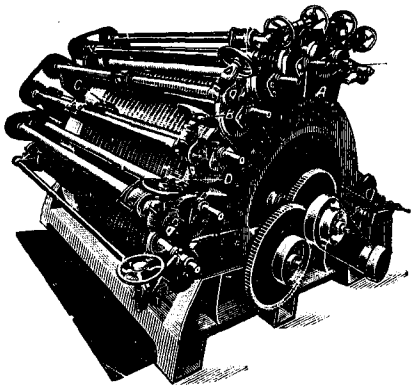
ху, прибивальник окончательно устанавливает скобку, а вся система каретки возвращается в исходное положение.

Вертикальная подача основания в станок производится парой рифленых валиков, посредством зубчатых сменных передач, подбираемых в зависимости от номера ленты. Горизонтальная подача основания от одного ряда к другому производится ступенчатым колесом (обычайкой), а на некоторых специальных машинах и кое-где в устаревших обыкновенного типа кардонаборных машинах—посредством червячного винта. Число оборотов на современных станках равно 310—330 в мин.; производительность таких станков—ок. 9 м среднего № ленты в одну 8-час. смену. Один рабочий (регулер) с подручным обслуживает от 12 до 16 сташков, в зависимости от быстроты их.

Следующей операцией является заборка ленты: после выхода со станка лента просматривается, причем от руки исправляются все пропуски и недостатки, получившиеся при работе на кардонаборных станках. В настоящее время эта операция объединена с набором ленты и производится непосредственно вслед за ним.

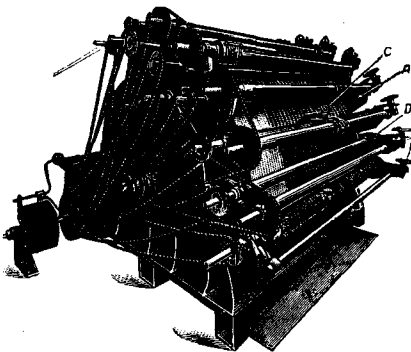
Пройдя заборку, лента попадает в точильный цех, где иглы ленты обтачиваются и

заостряются. Эта операция производится на т. н. точильных барабанах, общий вид к-рых дан на фиг. 16 (система Дронофильд). Лента



Фиг. 16.

навивается на барабан diam. ок. 2 м. Рама *A* поддерживают червяки, вдоль к-рых имеют вращательное (очень быстрое) и поступательное (медленное) движение в ту и другую сторону карборундовые валики *C*, обтачивающие иглы по торцевой поверхности, и валики *D*, состоящие из 14 карборундовых дисков, толщиной в 1½ мм, обтачивающие иглы с боков, между рядами их. Боковой точке подвергаются хл.-бум. ленты, начиная от № 90 и выше. При боковой точке необходимо, чтобы острие иглы было на два № тоньше употребленной проволоки. Таких валиков на точильном барабане имеется несколько. Кроме того во всю ширину точильного барабана имеется металлич., оклеенный наждаком валик, имеющий, помимо вращательного, еще и небольшое поступательное движение и предназначенный также



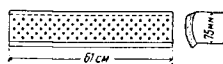
Фиг. 17.

для поверхностной обточки. Ручные маховички *B* служат для установки обтачивающих валиков и регулировки нажима на кардную ленту. Система передач видна из фиг. 17.

После обточки лента вторично просматривается (исправляются кромки, повреждения скобок и т. д.), причем небольшая часть ленты подвергается ашпуртуре, т. е. исправлению рядов скобочек. Отсюда лента идет в обрезальный пех, где непокрытые скобки кромки ленты срезаются (ширина кромки ленты после обрезки должна равняться половине расстояния между рядами игол данной ленты). Упаковка ленты, в виду крайней чувствительности ее к ржавлению, производится в пергамент, хлопчатую бумагу и в деревянный хорошо пригнанный и высушенный ящик. Готовая кардолента хранится обязательно в сухом отапливаемом помещении с  $t^{\circ}$  11—15 $^{\circ}$  и относительной влажностью в 55%.

Э. Ряд.

**Льняная карда.** Основанием льняной карды служат буковые планки (красного бука), а вместо проволочных скобочек применяются стальные иглы. Наборы и №№ игол (в льняной карде под набором подразумевается произведение количества игол в ряду на число рядов) зависят от ровности подвергающейся обработке пряжи. Так, в стандартной гарнитуре завода «Мекки» различаются 3 класса: 1-й класс для пряжи №№ 6—10, 2-й класс для №№ 12—16 и 3-й класс для №№ 18—22. 1-е и 2-е Льноуправления за последнее время ввели на своих фабриках стандарт гарнитур, разбитый на 4 класса: 1-й класс для пряжи №№ 6—10, 2-й класс для №№ 12—16, 3-й класс для №№ 18—22, 4-й класс для №№ 24—28. Способы расположения игол в планке разнообразны, но подчиняются одному основному правилу, чтобы на одной прямой, проведенной поперек планки, находилось не более одной иглы (фиг. 18).

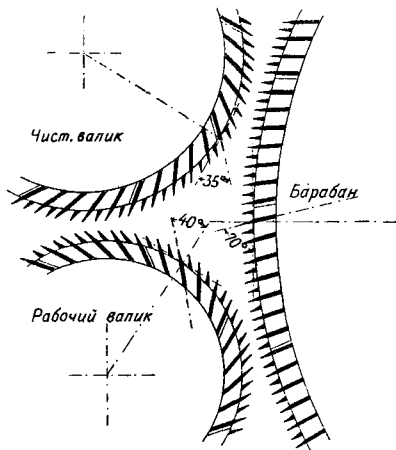


Фиг. 18.

Применение кардных планок в льняной промышленности—явление последнего времени. Ранее употреблялась кардная лента на кожаном основании, часто еще обшитом тонкой жестию, а проволочные скобки изготовлялись из более грубых №№ проволоки. В СССР, а отчасти и за границей, процесс перехода на планочную гарнитуру до настоящего времени еще не закончен.

Буковая заготовка для планок д. б. без всяких древесных пороков, выдержана и содержит влаги не более 12%; в Англии обычно употребляется бук, выдержанный не менее 5 лет. Большое значение имеет также расположение слоев (годичных колец) в планке. Так, в буковой заготовке, предназначенной для изготовления барабанных планок, слой д. б. расположен параллельно нижнему основанию планки, а в валяльных планках—под углом к нему, для того чтобы вставленная игла была направлена перпендикулярно к слою бука (фиг. 19). Это необходимо, во-первых, для того, чтобы сверление не ослабляло чрезмерно крепости планки (в планке бывает до 2 000 игол), а во-вторых, для того, чтобы при сверлении сверло не уведило. Буковой заготовке придается особый профиль, который легко получить, описав из одного центра две окружности и разделяв

полученный так. обр. обод на равные части секущими, проведенными под известным углом к меньшей окружности. Тогда внутренняя окружность будет органом чесальной машины, подлежащим обтажке планками, а внешняя—поясом планок. Для получения отверстий для вставления игол планки поступают на сверлильные автоматы, на к-рых одновременно работают 4 сверла, причем сверло, пройдя примерно половину планки,



Фиг. 19.

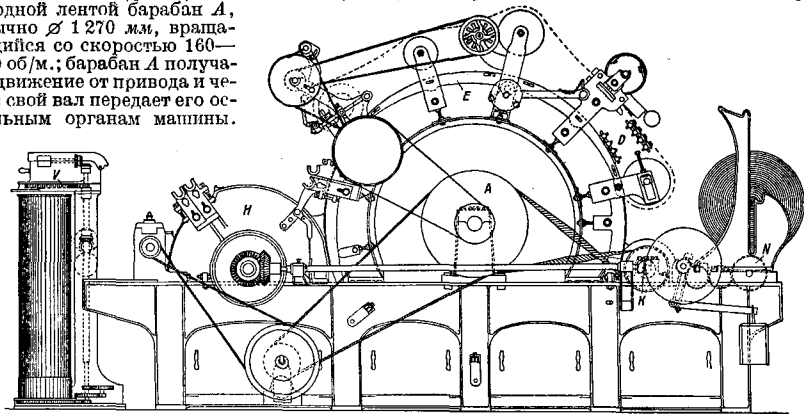
автоматически поднимается наверх, а затем уже, опускаясь снова, просверливает планку до конца. Это делается с целью удаления накопившейся стружки, которая затрудняет сверление и способствует отклонению сверла от первоначального направления. Супорт автоматически передвигает планку вдоль, а по окончании ряда отверстий—поперек (наискось) для получения второго ряда, в к-ром отверстия расположены диагонально по отношению к первому ряду. Эти 4-шпиндельные автоматы являются русским изобретением, и за границей их нет. Производительность сверлильных автоматов доходит до 100 000 дыр за 8-ч. рабочий день. Просверленные планки зачищаются, и их верхняя поверхность лакируется, после чего они поступают в забивку, где от руки в просверленные дыры забиваются стальные иглы. Следующей операцией является ручная правка игол: иглы выравнивают по особым шаблонам как по высоте, так и по их расположению. Затем концы планок обрезаются с концов по заданной длине, после чего планки поступают в контроль, а затем в упаковку. Производство планок в фабричном масштабе налажено в СССР лишь в 1924 году. До этого времени они ввозились главным образом из Англии.

Производство льняных кард во всех стадиях, за исключением правки игол, не представляет профессиональных вредностей, но правка игол заметно отражается на зрении рабочих, производящих правку.

Л. М.: Монахов А. Д., *Общий курс технологии волоконистых веществ*, Л., 1924; Чилинин П. М., *Лен и льнопрядильное производство*, М.—Л., 1926; Капранский Н. Я., *Шерсть и ее обработка*, М., 1924; Бруке К., *Кард-машин и кардование хлопка*, Л., 1925; Казацкий В. Ф., *Чесальные машины*, Изв.-Вознесенск, 1928; Taggart W.S., *Die Baumwollspinnerei*, V. 1, München—Berlin, 1914; Zipser J. u. Marschik C., *Die Technologie d. Spinnerel*, W.—Lpz., 1925; Zipser J. u. Marschik C., *Die textilen Rohmaterialien u. ihre Verarbeitung*, T. 2, W.—Lpz., 1925; Lüdicke A., *Die Spinnerei, Technologie d. Textilfasern*, hrsg. von R. Herzog, B. 2, B., 1927; Meyer O. u. Zebetner J., *Technik u. Praxis d. Kammgarmspinnerei*, B., 1923; Preu R., *Die Kammgarmspinnerei*, 7 Aufl., B., 1928; Bradley J., *Wool Carding*, Manchester, 1921; Barker A. and Priestley E., *Wool Carding and Combing*, L., 1919. Ф. Нарикаш и Э. Рид.

**КАРДОЧЕСАЛЬНАЯ МАШИНА** служит для расчесывания волокон при помощи кард при приготовлении волокон к прядению (см. *Кардное производство*). В настоящее время применяются три типа К. м.: 1) валичные машины, у которых чесание производится цилиндрическими поверхностями, обтянутыми кардой; 2) машины с движущимися шляпками, у которых одна рабочая поверхность цилиндрическая, а другая плоская, и 3) смешанные машины, у которых кардочесание осуществляется последовательно, сначала по первому, а затем по второму типу.

В хлопкопрядении применяются преимущественно К. м. с движущимися шляпками, реже — смешанные, и лишь на очень редких фабриках сохранились валичные К. м., и то преимущественно для низких сортов хлопка. Главным органом К. м. с движущимися шляпками (фиг. 1) является обтянутый кардой лентой барабан А, обычно  $\varnothing 1270$  мм, вращающийся со скоростью 160—180 об/м.; барабан А получает движение от привода и через свой вал передает его остальным органам машины.



Фиг. 1.

Приемный вальец К, обычно — чугунный полый цилиндр диаметром 229 мм, вращающийся со скоростью 350—400 об/м., который обтянут пылячатой лентой Гарнета. Шляпки D представляют собою чугунные пластины таврового сечения, шириной 35 мм, покрытые с рабочей стороны кардолозой. Они в количестве 100—110 шт. набраны на две шарнирные цепи и образуют бесконечное полотно, приводимое в движение звездочками. Шляпки покрывают верхнюю полуокружность барабана, установлены весьма

близко к его поверхности (0,2 мм) и движутся с очень небольшой скоростью (0,1 м/мин), образуя т. о. почти неподвижную относительно барабана поверхность. Одновременно принимают участие в прочесывании 42—44 шляпки, к-рые скользят своими концами по 2 гибким направляющим дугам E, расположенным концентрично с окружностью барабана А. Передний вальец Н, обычно  $\varnothing 630$ —680 мм, вращающийся со скоростью 8—15 об/м., обтянут кардолозой. Наконец коилер V является приспособлением для приема и укладки готового продукта с К. м. в тазы. Хлопок поступает на К. м. в виде холста с трепальной машины и кладется на холстовый валик N. Под действием собственного веса холст раскатывается при движении холстового валика, проходит по гладкому столу под питающий цилиндр (рифленый) и подается им к приемному вальцу. Последний зубьями своего пылячатого покрова захватывает волокно и передает его барабану, который несет на себе тонкий слой массы волокон до встречи со шляпками. Затем хлопок прочесывается этими двумя кардными поверхностями (барабана и шляпок) и передается барабаном на передний вальец. С последнего хлопок, в виде тонкого слоя, называемого ваткой или процесом, снимается качающейся стальной гребенкой (обычно 1100 ударов в минуту) и проходит между двумя каландрами. Из каландров хлопок выходит в виде рыхлого жгута (ленты), поступает в коилер, проходит через его пылящие валики и через

вращающуюся воронку укладывается кольцами в таз. Таз представляет собою фибровый или железный цилиндр  $\varnothing 230$ —250 мм и высотой 915 мм; он устанавливается своим дном на диск внизу койлера. По мере разработки полные тазы с лентой снимаются и передаются на ленточные машины для дальнейшей обработки. В прилагаемой таблице приведены нек-рые технич. данные относительно заграничных машин. Что же касается советских машин (ленинградского з-да им. Карла Маркса), то для их характеристики

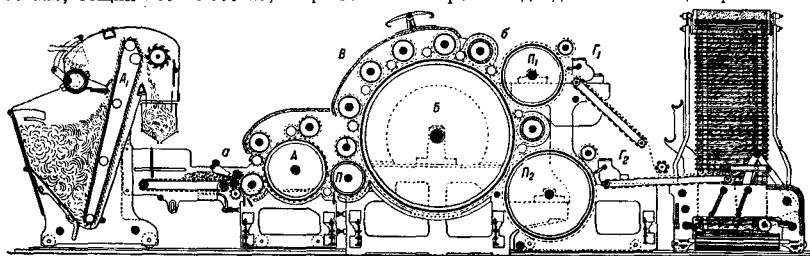
Характеристика заграничных кардочесальных машин.

Заводы	Число обм. ба- рабана	Число витков- голар. подго- товочной машинной	Производитель- ность за 8 ч. в %	Место, занимае- мое машинной, в м.	Приближитель- ный вес в кг
Бр. Штатт . . . . .	160—180	1,00	10 63	3,18 × 1,71	2 650
Гонард Булло . . . . .		1,00		3,15 × 1,70	
Добсон и Барло Гетерингтон . . . . .		0,75		3,10 × 1,78	
Твиддель и Смол- лей . . . . .		1,00		3,05 × 1,83	
Брукс и Дон- сей . . . . .		1,00		3,15 × 1,70	
				2,98 × 1,78	

могут служить следующие цифры: длина—3 120 мм; ширина—1 692,5 мм; высота—1 675 мм; общий вес—3 000 кг, ширина по

применяемых для того и другого способа прядения. В аппаратуре прядения, в зависимости от сорта шерсти, подлежащей переработке, устанавливается комплект машин или «аппарат», состоящий либо из 2 (двух-прочесной) либо из 3 (трехпрочесной) машин. Первая К. м. в комплекте называется подческом, или загонкой; последняя—ровничной, секретом, или континью; промежуточная К. м. называется средней, перегонной, или ваточной.

Схема расположения рабочих органов подческа дана на фиг. 2. Протрепанная и расщипанная шерсть настиляется на питательную решетку К. м. Эта работа производится ручным или механич. способом, в последнем случае — путем применения специального аппарата-самовеса  $A_1$ , автоматически через установленные промежуточки времени подающего определенные весовые порции смеси. Шерсть подводится питающей решеткой к



Фиг. 2.

проволоке—940 мм (37"); диаметр барабана—1 289 мм; скорость барабана—170 об/м.; константа вытяжки—2 288,64; общая вытяжка—от 79 до 120; расход энергии на холостом ходу—0,8 HP, при заправке—1,05 HP; производительность (теоретич.), в зависимости от числа зубьев ходовых шестерен, 32—50 кг за 8 часов, практически—на 10% меньше.

Новейшие тенденции намечают более компактный тип К. м. с барабаном  $\varnothing$  не более 1 м и с количеством шляпок до 40 (из к-рых в работе находятся 11—12), с увеличением диаметра таза для ленты до 300 мм.

В К. м. смешанного типа хлопок сперва подвергается предварительному прочесу несколькими парами валиков и потом, в значительном разрыхленном виде, попадает под действие шляпок, в связи с этим количество шляпок уменьшается до 74. Кроме того в этом типе К. м. шляпки движутся в сторону, противоположную движению барабана. В остальном К. м. смешанного типа мало отличается от обыкновенной К. м. с движущимися шляпками.

Валичная К. м. для прочеса шерсти применяется как в сукольном (аппаратном), так и в камвольном прядении. В сукольном прядении процесс кардочесания играет главную роль, т. к. им заканчивается подготовка волокна к прядению; в камвольном же прядении кардочесание является одной из подготовительных операций для последующих вытягивания, параллелизации и гребнечесания. Отсюда вытекает основное отличие К. м.,

заборным валикам  $a$ , которые передают ее на следующий валик, а последний передает шерсть на авантрен  $A$ —барабан, выполняющий предварительное разрыхление волокна. Размер авантрена, количество рабочих валиков и курьерчиков (вспомогательных валиков) и их расположение различны, в зависимости от сорта перерабатываемой шерсти. От авантрена перегонный валик  $B$  передает шерсть на барабан  $B$ , имеющий несколько пар рабочих валиков  $B$  и курьерчиков, к-рыми и производится процесс чесания. Опускаясь в глубь карды барабана шерсть поднимается бегуну  $b$  и подбегунником на поверхность барабана и снимается с него пеньерами  $P_1$  и  $P_2$ . С последних прочесанная ватка снимается качающимися гребнями  $G_1$  и  $G_2$  и передается на соответствующую каждому пеньеру решетку. Сходящие по решеткам ватки складываются и поступают на следующую К. м., проходя сначала через плоские валики. Передача на следующую машину производится ручным способом, в виде холстов, к-рые образуются на специальном холстовом аппарате, устраиваемом возле выхода продукта с машины, или специальным транспортером, который укладывает шерсть широкой полосой на приемный столик следующей машины.

На перегонной и ровничной машинах повторяется то же, что и на подческе. Устройство всех этих К. м. почти одинаково. Только последняя, ровничная К. м. отличается наличием ремешкового делителя (прибора для образования ровницы), установленного вза-



мен холстового барабана или ленточного транспортера. На ровничной машине ватка с пеньворы поступает в делительные цилиндры, где она целой системой кожаных ремешков разделяется на узкие полоски, к-рые поступают в сучильные рукава для сучения в форму ровничной нити. Последние наматываются на бобины и передаются на прядильные машины.

В камвольном прядении ограничиваются одной кардочесальной машиной с добавочным количеством рабочих органов, обеспечивающим достаточный прочес.

К. м. в льняном и пеньковом прядении также нужно отнестись к типу валичных. Они применяются для обработки короткого спутанного волокна льна—очеса и сгуска (см. *Льнопрядение*). Питание машины производится посредством бесконечного полотна, на которое очес раскладывается ровным слоем. Пара питательных валиков забирает очес и передает его на главный барабан. Вокруг последнего расположено несколько пар рабочих валиков и чистителей. Волокно передается главным барабаном первому рабочему вальняну, чиститель снимает очес с вальняна и передает его опять на главный барабан, к-рый совершает такую же операцию со следующей парой валиков; от совместного их действия и получается процесс кардочесания. С каждой последующей пары снимается волокно, прочесанное лучше, чем на предыдущей паре. Волокно, прошедшее через все имеющиеся пары валиков, поступает на съемные вальняны, с к-рых качающейся гребенкой снимается ватка, направляемая на плочильные валики. Ватка разделяется на три части и через нажимные валики передается вытяжной головке машины, называемой роликом. Здесь полученные три ленты складываются, выравниваются и направляются в виде одной ленты в таз, к-рый по мере набортки определенной длины, устанавливаемой сигнальным звонком, передается на следующую машину.

В льнопрядении различают три К. м.: подготовительную, грубую и тонкую. К. м. для лубяных волокон отличается от предыдущих более массивной конструкцией, соответствующей характеру волокна, и более грубой кардой; последняя в указанном случае делается надеревянных и даже металлических основаниях. В шелкопрядении К. м. применяется для обработки очеса, отбросов прядения и коротких дугов (сортов по длине) шелка—до 60 мм. Машины сходны частью с машинами хлопчатобумажного, частью камвольного производства. На К. м. шелковый очес поступает с трепальной машины в виде холста и проходит через приемные валики, приемный вальнян с пыльной гарнитурой, вспомогательный барабан и главный ( $\varnothing$  1 200 мм, скорость 100—110 об./м.) с рабочими валиками. Отсюда он снимается качающейся гребенкой, проходит через воронки и плочильные валики, собирается в виде ленты во вращающийся таз и передается на ленточные машины. В вигоновом прядении смесь подвергается обработке на двух К. м. Как и в аппаратном прядении шерстяного производства, первая называется загонкой, а вторая—ровничной; по своей конструкции,

работе и способом передачи готового продукта обе эти машины отличаются от указанных выше отсутствием авантренов и пеньворы. В ватном производстве с К. м. выпускается готовый продукт в виде пельца—слов ватки, навитых на холстовый барабан. Подробно см. *Ватное производство и Вигоновое прядение*.

Лит.: Таггарт В. С., Прядение хлопка, т. 1, пер. с английского, М., 1923; его же, Управление бумагопряд. фабриками, пер. с англ., М., 1927; Федоров С. А., Механика технологии волокончатых веществ. Бумагопрядение, М., 1908; Бейн Ч. И., Чесальные машины, М., 1904; Коробанов А. И. и Саксин Н., Справоч. книга по бумагопрядению, Изд.-Военсенск, 1926; Бакин Н. К., Спутник текстильщика, Москва, 1926; Канарский Н. Я., Шерсть и ее обработка, т. 1, ч. 2, М., 1924; его же, Краткий курс суконного производства, М., 1926; Старица И. С., Франц и англ. камвольное прядение, М., 1929; Ч. Глики И., Лен и льнопряд. производство. Основы технологии льна, культура льна, первичная обработка и льнопрядение, М.—Л., 1926; Крашенинников Ф. Е., Прядение пеньки и производство крученных изделий, М., 1929; Гликин Н. Я., Шелкопрядение, Москва, 1927; Бухомин И., Утарное и вигоновое прядение. Производство хлопка и шерсти, М., 1923; Коробанов А. И., Утарное прядение, Иваново-Вознесенск, 1927.

**КАРДОЧЕСАНИЕ**, см. *Прядение*.

**КАРЕТКА ДОБИИ**, см. *Добби каретка* и *Ткацкий станок*.

**КАРМИН**, пунцовая краска животного происхождения (см. *Красящие вещества* естественные), приготавливаемая из насекомого—кошенили (*Coccus Cacti L.*), семейства червецов (*Coccidae*), обитающей на листьях различных пород кактуса—*Opuntia coccinellifera*, *Nopalea coccinellifera*. Лучшей кошенилью считается гондурасская и алжирская, русская дает краску значительно им уступающую по красоте тона. Для выработки К. идут только самки, которых снимают при помощи щеток на железные листы (лучше жестяные) и умерщвляют посредством высокой  $t^{\circ}$ . Тельце кошенили после умерщвления принимает вид большого просеяного зерна с морщинистой поверхностью, покрытой серебристо-серой пылью. Серебристые сорта кошенили считаются самыми ценными. В продаже встречается еще т. н. черная кошениль, имеющая коричневатую черную окраску. Получается она в том случае, если кошениль для умерщвления погружать в горячую воду; серая пыль при этом сходит, и зерна кошенили приобретают темный цвет. Этот сорт кошенили более дешев. В 1 г хорошей кошенили содержится 120—140 зернышек. Продажную кошениль фальсифицируют примесью зернышек из глины и клея, подкрашенных розовым пигментом; иногда к хорошей кошенили примешивают зерна кошенили, уже подвергшиеся экстрагированию и сверху обсыпанные собранной с кошенили пылью. Красящего вещества, карминовой кислоты,  $C_{22}H_{22}O_{13}$ , в хорошей кошенили содержится до 50% от собранного веса.

Способ выработки К. много; одним из самых простых считается постепенное выделение красящего вещества кипячением мелко истертой кошенили с водой. При этом способе значительный % К. остается неиспользованным, так как при кипячении образуется клейкая тестообразная масса, затрудняющая выделение красящего вещества.

Лучший кармин получается по способу Варран де ла Рю (Warran de la Rue). Порошок кошенили варят в течение 20 мин. в воде (на 1 ч. кошенили 40 ч. воды), после чего оставляют жидкость в покое; нерастворившийся осадок отделяют; к раствору кошенили приливают смесь из 6 ч. свиного сахара и 2 ч. укусовой к-ты; образовавшийся осадок карминовосвинойной соли отделяют, промывают и распускают в горячей воде; через раствор пропускают сероводород для осаждения сернистого свинца, причем для чистоты тона продельвают это несколько раз. Раствор выпаривают, осадок растворяют в винном спирте и оставшуюся часть подвергают нагреванию с раствором фосфорной к-ты. После этого жидкость выпаривают и получают красного тона краску. В СССР приготавливают кармин по способу Лидова: 500 г мелко истертой кошенили кипятят в течение 30 минут в 15 л дистиллированной воды; затем к раствору прибавляют 30 г кремортартра и кипятят еще в течение 10 мин., после чего прибавляют 15 г квасцов и кипятят в продолжение 2 мин.; жидкость процеживают и, дав краске осесть, отделяют ее от жидкости, промывают холодной водой и сушат. За границей существует еще способ Женет (Genette): жидкость с растворенной кошенилью и глиноземом оставляют на воздухе в течение трех недель; раствор подвергается брожению; при этом вещества, удерживающие красящее вещество, разрушаются, и последнее переходит в раствор. По методу Хесса кошениль перед растворением в воде предварительно обрабатывают эфиром, отчего К. выпадает чище.

Из растворов кошенили вырабатывают также карминовые лаки, которые получаются осаждением отваров кошенили солями тяжелых металлов. С алюминиевыми квасцами получается пунцовый лак, с солями свинца—малиновый, с солями цинка и меди—фиолетово-красный лак. Квасцовый лак, осажденный, просушенный на фильтре, растертый с примесью растительного клея и отпрессованный в виде плиток, представляет собою ценную акварельную краску. Кошенильные лаки, смешанные с маковым маслом или олифой, идут как масляные краски, а в смеси с глицерином применяются для подкрашивания кондитерских изделий. Спиртовой раствор квасцового лака употребляется в парфюмерии и для подкраски ликеров и наливок.

По отношению к свету К. непрочен и быстро выцветает. К. как краска должен удовлетворять следующим требованиям: 1) он должен без остатка растворяться в натрийном спирте; 2) не должен содержать примеси крахмала, что узнается кипячением краски в дистиллированной воде; фильтрат с капель вода не должен давать синего окрашивания; 3) при прокаливании проба краски должна сгорать, оставляя не более 7% золь, состоящей из глинозема, извести и двуокиси олова.

Совместно с К. на красильных ф-ках вырабатывают т. н. кошенильные баканы, состоящие из окиси алюминия, тяжелого шпата и т. д., окрашенных остатками кошенили после извлечения из них К. Бака-

ны отличаются от К. тем, что при сгорании дают больше золь.

В торговле под названием К. встречаются также нек-рые минеральные краски, по составу и происхождению ничего общего не имеющие с настоящим К., например К. синий и К. коричневый. К. синий и белый приготавливается из щелочного раствора молибденовой соли осаждением хлористым оловом или хлористым цинком. Тон краски получается особенно глубоким, если соединения молибдена заменить вольфрамовыми солями; К. синий идет как масляная и акварельная краска в живописи. К. коричневый вырабатывается из щелочного раствора кельнской умбры и концентрированного раствора свиного сахара. Осадок промывают, сушат и, для придания краске красноватого оттенка, прокалывают. Кармин коричневый применяется в живописи и в маллярном деле как клеевая краска.

С. Михайлов.

Лит.: см. Краски минеральные.

**КАРТЕР**, см. Авиационные двигатели, ст. 67, Автомобиль, ст. 193—194, Автомобильный двигатель, ст. 223.

**КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ**, условные построения для изображения сферической поверхности земли на плоскости. Т. к. сферич. поверхность земли не принадлежит к числу поверхностей, развешивающихся на плоскости, как напр. поверхности конические или цилиндрические, то такие изображения возможны только при допущении известных искажений истинных очертаний или площадей. Чтобы ослабить, насколько возможно, эти погрешности и подчинить их каким-либо законам, прибегают к построениям т. н. картографич. проекций, т. е. сначала вычисляют, а затем наносят на бумагу особую сетку меридианов и параллелей, к-рую и заполняют картографич. материалом. При этом масштаб, говоря вообще, в различных местах изображения оказывается неизбежно разным, но эти перемены масштаба происходят постепенно. по известным законам, и в более совершенных проекциях они незначительны. При составлении карт можно избежать того или иного искажения, для чего следует лишь выбрать соответствующую проекцию, т. к. в каждой проекции преследуется одно какое-нибудь условие в ущерб остальным. Масштаб на проекции различен не только в разных точках, но он меняется и по разным направлениям из одной и той же точки и в зависимости от свойств проекции меняется различно. Обыкновенно вдоль одной или нескольких линий (преимущественно меридианов или параллелей) сохраняется наперед заданный масштаб, к-рый называется г л а в н ы м; по всем же прочим направлениям масштабы будут крупнее или мельче главного; их называют ч а с т н ы м и; т. о. масштаб карты—величина переменная, и эти переменные масштабы обладают свойством: сумма квадратов масштабов по двум взаимно перпендикулярн. направлениям—величина постоянная. При всякой проекции в каждой точке сферы существуют два взаимно перпендикулярных направления, по к-рым частный масштаб будет иметь наибольшее и наименьшее значения (г л а в н ы е и п а р а в л е н и я); на карте они изобра-

зятся также взаимно перпендикулярными линиями. Главные направления вообще не совпадают с направлениями меридианов и параллелей, за исключением тех проекций, на  $\kappa$ -рых меридианы и параллели пересекаются под прямыми углами.

Все существующие проекции по свойству изображений и по способу построения подразделяются на различные виды. По свойству изображений проекции бывают: 1) конформные, или равноугольные (автотонические), 2) эквивалентные, или равновеликие, и 3) произвольные. На  $\kappa$  о н ф о р м н ы х проекциях сохраняется подобие очертаний контуров, но в разных местах проекций масштаб будет различный. Равные между собою кружки, взятые в разных точках земной поверхности, на проекции изобразятся также кружками, но радиусы их в разных местах проекции будут различные. В э к в и в а л е н т н ы х проекциях частные масштабы по разным направлениям различны, но средняя величина масштаба во всех местах проекции постоянна, т. е. эти проекции сохраняют равенство площадей. Каждый кружок, находящийся на поверхности земли, изобразится на проекции равновеликим ему эллипсом (подобие фигур здесь не сохраняется). П р о з и в о л ь н ы е проекции не сохраняют ни подобия контуров ни равенства площадей, но удобны для решения практических вопросов (простота построения). По способу построения проекции делятся на: 1) перспективные, 2) зенитальные, 3) цилиндрические, 4) конические, 5) поликонические, 6) многогранные, 7) условные. Те из перечисленных проекций, при которых контуры непосредственно проектируются на картинную плоскость, называются азимутальными и, так как в них каждая точка карты имеет тот же азимут относительно среднего меридиана, что и на земном сфероиде.

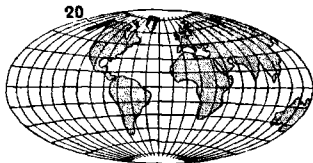
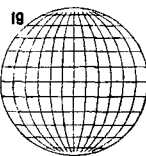
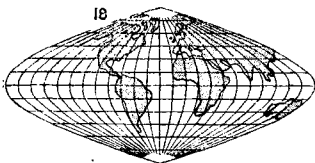
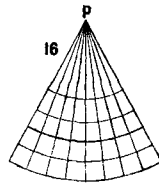
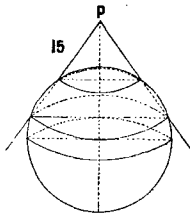
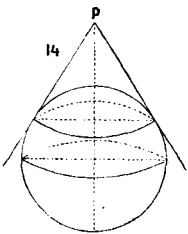
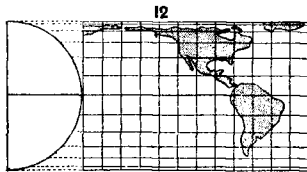
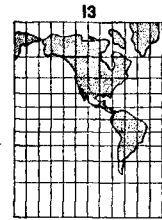
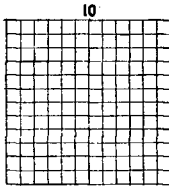
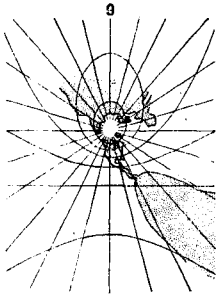
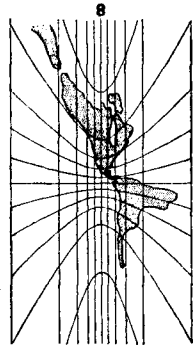
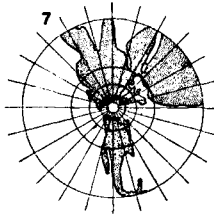
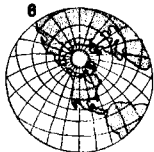
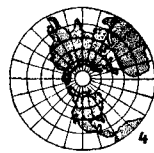
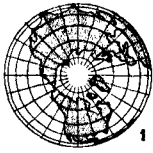
**1. Перспективные проекции.** В этих проекциях контуры земной поверхности изображаются так, как они представлялись бы в перспективе на картинной плоскости. Картинная плоскость располагается перпендикулярно к оптич. оси проекции, т. е. к линии, соединяющей точку зрения с центром земли. В перспективных проекциях изображаются очень большие части земной поверхности (целое полушарие), поэтому масштаб для них берут мелкий и землю принимают за правильный шар с радиусом  $R = a \left(1 - \frac{e^2}{6}\right)$ , где  $a$ —большая полуось,  $e$ —эксцентриситет земли. Перспективные проекции делятся на: 1) ортографические, когда точка зрения удалена от поверхности земли на бесконечное расстояние, 2) стереографическая—точка зрения лежит на поверхности земли, 3) центральные—точка зрения в центре земли, 4) внешние—точка зрения вне земли, но на конечном расстоянии. Смотря по тому, пересекает ли оптич. ось проекции земную поверхность в полюсе, на экваторе или под промежуточной широтой, эти проекции бывают: о л я р н ы е, э к в а т о р и а л ь н ы е и г о р и з о н т н ы е.

Ортографические проекции не сохраняют ни подобия фигур ни равенства

площадей; частные масштабы меняются от 1 (в центре карты) до 0 (у краев). В полярной ортографической проекции (фиг. 1) картинная плоскость совпадает с плоскостью экватора, меридианы на ней изображаются прямыми линиями, пересекающимися в центре карты под углами, равными разностям их долгот, а параллели—концентрич. кругами. В экваториальной проекции (фиг. 2) картинная плоскость совпадает с плоскостью какого-нибудь меридиана; меридианы представляются эллипсами, имеющими общую ось, равную диаметру земли, а малые оси их равны  $2R \sin \lambda$ , где  $\lambda$ —долгота данного меридиана; параллели же изображаются параллельными прямыми, отстоящими от центра проекции на величины  $R \sin \varphi$ , где  $\varphi$ —широта данной параллели. В горизонтальной проекции (фиг. 3) картинная плоскость проходит через центр земли параллельно горизонту любой данной точки; меридианы и параллели изображаются эллипсами кроме меридиана центральной точки,  $\kappa$ -рый будет прямою линиею. Ортографич. проекции пригодны для изображения небольших частей земной поверхности; для целого же полушария они применяются в картах луны.

**Стереографические проекции** сохраняют подобие очертаний контуров. Частные масштабы в них меняются от  $\frac{1}{2}$  (в центре) карты до 1 (у краев). В полярной проекции (фиг. 4) картинная плоскость лежит в плоскости экватора; меридианы в ней изображаются прямыми, пересекающимися в центре под углами, равными разностям их долгот, а параллели—концентрич. кругами. В экваториальной проекции (фиг. 5) картинная плоскость совпадает с плоскостью какого-либо меридиана; меридианы и параллели получаются в виде дуг неконцентрич. кругов, за исключением среднего меридиана и экватора,  $\kappa$ -рые представлены двумя взаимно перпендикулярными диаметрами. В горизонтальной проекции (фиг. 6) картинная плоскость проходит через центр земли, параллельно горизонту данной точки; меридианы и параллели выражаются кругами. Стереографич. проекции применяются для изображения целых полушарий: восточного и западного или северного и южного; отдельные страны изображаются в них весьма редко. Они также применяются для графич. решения многих астрономич. задач.

**Центральные проекции.** Точка зрения помещается в центре земного шара, а картинная плоскость проводится касательною к поверхности земли. Они не сохраняют ни подобия очертаний ни равенства площадей. Частные масштабы меняются от 1 (в центре проекции) до бесконечности (на краях), поэтому целого полушария изобразить в них нельзя. В полярной проекции (фиг. 7) картинная плоскость касательна к одному из полюсов; меридианы получаются в виде прямых, расходящихся из центра, под углами, равными разностям их долгот; параллели же—в виде концентрич. кругов. В экваториальной проекции (фиг. 8) картинная плоскость касается какой-нибудь точки на экваторе; средний меридиан и экватор изображаются двумя взаимно перпендикулярными прямыми линиями; все прочие меридиа-



ны—также прямыми, параллельными среднему и отстоящими от него на непрерывно возрастающих расстояниях; параллели будут иметь вид гипербол. В горизонтальной проекции (фиг. 9) картин. плоскость касается данной точки под промежуточной широтой; меридианы получаются в виде прямых, расходящихся из полюса, но под разными углами; параллели с широтой  $> \text{ан } 90^\circ - \varphi_0$  (где  $\varphi_0$ —широта точки касания), изображаются эллипсами; параллели с широтой  $90^\circ - \varphi_0$ —параболою, все же прочие—гиперболами, а экватор—прямою линиею. Центральные проекции применяются с успехом для изображения части небесной сферы, т. е. для звездных карт. Для изображения же всего неба его проектируют на 6 граней куба, описанного около шара и касающегося его в полюсах и четырех точках экватора.

Внешние проекции. Точка зрения в этих проекциях находится вне земного шара, но на определенном расстоянии. На внешних проекциях можно изобразить пространство большее, чем полушарие. Меридианы и параллели на них вообще представляются кривыми второго порядка, в частности же на полярной проекции меридианы будут прямыми, расходящимися из полюса под равными углами, а параллели—в виде концентрич. кругов. В проекции Лагира точка зрения удалена от поверхности земли на расстояние  $l = R \sin 45^\circ = 0,7071 R$ , где  $l$ —искомое расстояние, а  $R$ —радиус земли. В проекции Парана  $l = 0,5944 R$ , у Джемса  $l = 0,50000 R$ , у Кларка  $l = 0,3676 R$ . Внешние проекции не сохраняют ни подобия очертаний ни равенства площадей, но они дают меньшие искажения, чем остальные перспективные. Эти проекции применяются всего чаще в виде полярных.

**2. Зенитальные проекции.** В этих проекциях сферич. поверхность земли переносится на картинную плоскость, касательную к земле в данной точке с таким расчетом, чтобы все точки, лежащие на шаре в равных расстояниях от точки касания, расположились на проекции по кругу с центром в точке касания. Наиболее употребительные из них—полярные, где меридианы изображаются прямыми, расходящимися из центра под равными углами, а параллели—концентрич. кругами. В полярной проекции Постеля радиус любой параллели  $\rho = R \left( \frac{\pi}{2} - \varphi \right)$ , где  $R$ —радиус земли, а  $\varphi$ —широта данной параллели. В полярной проекции Ламберта радиус параллели с широтой  $\varphi$  будет

$$\rho = 2R \sin \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

**3. Цилиндрические проекции.** Для построения цилиндрич. проекций воображают цилиндр, касательный к земному сфероиду или сечению его. На поверхность этого цилиндра переносят по известным правилам меридианы и параллели, затем цилиндр разрезают по одной из образующих и развертывают на плоскость. Если ось цилиндра совпадает с осью вращения земли, то проекция называется прямою, если же ось цилиндра составляет с осью земли прямой угол, то проекция называется поперечною; наконец если ось цилиндра наклонена к оси

вращения земли под произвольным углом, но не в  $90^\circ$ , то проекция называется косою. Наиболее употребительные прямые цилиндрические проекции.

В квадратной, или плоской, цилиндрической проекции (фиг. 10) цилиндр берется касательным к экватору. Все параллели и меридианы изображаются прямыми параллельными линиями, взаимно перпендикулярными, проведенными друг от друга на равных расстояниях, так что получаются квадраты. Стороны этих квадратов равны выпрямленным дугам экватора заданного числа градусов в заданном масштабе. Дуга  $1^\circ$  экватора, по Бесселю, равна 111 308,42 м. Масштаб  $m$  по всем меридианам и по экватору равен главному, т. е.  $m=1$ . Частные масштабы  $n$  по разным параллелям различны, т. е.  $n = sc \varphi$  (где  $n$ —масштаб по параллели, а  $\varphi$ —широта ее).

Прямоугольная цилиндрическая проекция (фиг. 11) строится на цилиндре, сечущем землю по двум параллелям, равно отстоящим от экватора. Меридианы и параллели взаимно пересекаются под прямыми углами. При развертывании цилиндра получаются прямоугольники, большие стороны  $k$ -рых равны выпрямленным дугам меридиана в заданное число градусов, а малые стороны равны выпрямленным дугам параллелей сечения также в заданное число градусов. Называя частные масштабы по меридианам через  $m$ , а по параллелям—через  $n$ , будем иметь:  $m = 1$ ,  $n = \frac{\cos \varphi_0}{\cos \varphi}$ , где  $\varphi_0$ —широта параллели сечения, а  $\varphi$ —широта данной параллели.

Изоцилиндрическая проекция (фиг. 12) строится на касательном к экватору цилиндре. Меридианы параллельны между собою и отстоят друг от друга на величины выпрямленных дуг экватора в заданное число градусов. Параллели перпендикулярны к меридианам, параллельны между собою, находятся друг от друга на разных расстояниях и отстоят от экватора на величины  $D$ , получаемые из формулы  $D = R \sin \varphi$ , где  $R$ —радиус земли, а  $\varphi$ —широта данной параллели. Называя масштаб по меридианам через  $m$ , по параллелям—через  $n$  и масштаб площадей—через  $M$ , будем иметь:  $m = \cos \varphi$ ,  $n = sc \varphi$ ,  $M = \cos \varphi \cdot sc \varphi = 1$ , т. е. эта проекция равновеликая.

Проекция Меркатора (фиг. 13) сохраняет подобие очертаний фигур и строится на касательном к экватору цилиндре. Меридианы на ней изображаются в виде прямых, параллельных между собою и отстоящих друг от друга на величины выпрямленных дуг экватора в заданное число градусов; параллели же проводятся в виде прямых, перпендикулярных к меридианам и пересекающих их т. о., чтобы отношение дуг долгот каждой из параллелей на карте к прилегающим им дугам широт было одинаково с отношением соответствующих им величин на земле. Меридианные части, т. е. расстояния параллелей от экватора, удобно получать из таблиц возрастающих широт. Проекция Меркатора обладает весьма важным свойством для мореплавания: на ней локсодромия, т. е. кривая, прове-

денная на земном сфероиде так, что она пересекает все меридианы под одним и тем же углом, изображается прямою линиею.

Квадратная цилиндрич. проекция применяется только для изображения экваториальных стран; прямоугольная—для изображения небольшой по широте страны, причем за параллель сечения берется средняя параллель страны; изоцилиндрическая—для статистических карт; проекция Меркатора—для изображения всего земного шара, кроме полярных стран, на одном листе бумаги и для морских карт.

**4. Конические проекции.** Они применяются для изображения отдельных вытянутых по долготе стран и основаны на развертывании конуса, для чего воображают конус, касательный к параллели, проходящей через середину страны (фиг. 14), или конус, секущий сферу по двум данным параллелям (фиг. 15). Ось конуса в большинстве случаев совпадает с осью земли. Меридианы в конич. проекциях изображают в виде системы прямых, расходящихся из общей точки  $P$  (полюса проекции) под равными углами  $\delta$ , которые называются углами сближения меридианов и, если землю принимаю за правильный шар, вычисляются по формуле  $\delta = \lambda \sin \varphi_0$ , где  $\lambda$ —разность долгот, а  $\varphi_0$ —широта средней параллели; если же принимают в расчет сфероидальный вид земли, то  $\delta = \lambda \cdot a$ , где  $a$ —коэффициент, определяемый условиями проекции в каждом отдельном случае. Параллели изображаются дугами концентрич. кругов с общим центром в полюсе  $P$  проекции. Эти проекции м. б. равнопромежуточными, когда расстояния между параллелями одинаковы, равноугольными и равновеликими. Частные масштабы в них изменяются различно, в зависимости от свойств проекции.

Простая коническая проекция (фиг. 16) строится на касательном конусе. Из полюса проекции  $P$  проводят меридианы в виде прямых, расходящихся под углами сближения меридианов; затем у того же полюса проводят параллель касания радиусом  $e_0 = R \operatorname{ctg} \varphi_0$ , где  $\varphi_0$ —широта параллели касания, а  $R$ —радиус земли. Для получения остальных параллелей проводят из полюса дуги радиусами  $e = R [\operatorname{ctg} \varphi_0 - (\varphi - \varphi_0)]$ , где  $\varphi$ —широта данной параллели,  $\varphi_0$ —широта параллели касания и разность  $\varphi - \varphi_0$  д. б. выражена в частях радиуса. Масштаб сохраняется по всем меридианам и параллели касания.

Проекция на секущем конусе. Здесь вместо касательного конуса берется конус, пересекающий земной шар по двум данным параллелям, по к-рым и сохраняется главный масштаб. Называя радиус южной параллели сечения с широтою  $\varphi_1$  через  $e_1$  и радиус северной параллели сечения с широтою  $\varphi_2$  через  $e_2$ , будем иметь:

$$e_1 = \frac{R \cos \varphi_1}{\sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}} \quad \text{и} \quad e_2 = [e_1 - 2R \sin \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}]$$

Промежуточные параллели проводятся на равных расстояниях между параллелями сечения. Угол сближения меридианов  $\delta = \lambda \sin \varphi_0$ , где  $\varphi_0 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$ . Из конич. проек-

ций заслуживают внимания следующие: Деллиа, Эйлера, Альберса, Мердока, Гаусса.

Проекция Гаусса является наиболее совершенной из всех конических и относится к конформным. Эта проекция имеет 5 частных случаев в зависимости от того, где желают сохранить главный масштаб, и в связи с этим м. б. построена либо на касательном либо на секущем конусе. Сетка в ней похожа на сетку всякой другой конич. проекции, только расстояния между параллелями, начиная от наименьшего у средней параллели, непрерывно увеличиваются к северу и югу. При составлении карт в крупном масштабе прибегают к построению проекции по точкам, для чего вычисляют прямоугольные координаты всех точек пересечений меридианов с параллелями, причем эти координаты вычисляют последовательно для каждой широты и за начала координат принимают точки пересечений среднего меридиана с соответствующими параллелями. Осями  $X$ -ов будут служить перпендикуляры, восстановленные к среднему меридиану в точках пересечений его с параллелями, а общюю осью  $Y$ -ов—средний меридиан карты. В этом случае  $x = e \sin n\delta$ ,  $y = 2e \sin^2 \frac{n\delta}{2}$ , где  $e$ —радиус параллели на проекции и  $n\delta$ —угол между средним и данным меридианом.

Проекция Бонна, хотя и относится к коническим, но представляет условное построение, т. к. меридианы в ней не прямые линии, а кривые—выпуклые наружу. Для построения параллелей чертят систему дуг концентрич. кругов, как и в простой конической (фиг. 17); затем на каждой из этих дуг, начиная от среднего меридиана, изображающегося прямой линией, откладывают истинные длины дуг параллелей в главном масштабе. Меридианы получаются проведением ломаных или непрерывных кривых линий через точки отложений на параллелях. Эта проекция равновелика, и главный масштаб сохраняется по всем параллелям и по среднему меридиану.

**5. Поликонические проекции.** Сущность их заключается в том, что около земного шара предполагается не один, а несколько конусов, касательных ко всем изображаемым параллелям. На прямой линии, изображающей средний меридиан, откладывают выпрямленные дуги меридиана между последовательными параллелями и через каждую полученную т. о. точку проводят дугу круга, радиус к-рого равен длине касательной, проведенной к меридиану у соответствующей параллели, от точки касания до встречи с продолженною осью земли. Т. о. параллели будут дугами эксцентрич. кругов и расстояния между ними по мере удаления от среднего меридиана увеличиваются. Радиус  $e$  любой параллели с широтою  $\varphi$  выражается формулой:  $e = R \operatorname{ctg} \varphi$ , где  $R$ —радиус земли. Меридианы строятся так же, как и в проекции Бонна. Искажения в этих проекциях возрастают по мере удаления от среднего меридиана. Они не сохраняют ни подобия контуров ни равенства площадей и употребляются для стран, растянутых по широте. При известных условиях эти про-

екции можно сделать также равноугольными или равновеликими.

**6. Многогранные проекции.** Для построения этих проекций предполагают весь земной сфероид разбитым меридианами и параллелями на ряд сферическ. трапеций и, принимая каждую из них за плоскость, изображают на отдельном листе бумаги. Если такие трапеции складывать вместе по параллелям, то получатся просветы по меридианам; при соединении же их боками получаются просветы по параллелям. При сложении десяти листов вместе эти просветы еще незначительны. Многогранные проекции можно применить двумя способами: 1) проектировать каждую сферич. трапецию на секущую плоскость, проходящую через вершины углов этой трапеции, или 2) перенести каждую сферич. трапецию на поверхность касательного конуса, а затем развернуть конус на плоскость. Первым способом строят рамки съемочных планшетов. Многогранные проекции, представляя собою отдельные листы, применяются при составлении карт крупных масштабов до 1:1 000 000 вкл. Они лучше всех др. проекций сохраняют подобие очертаний контуров и равенство площадей.

**7. Основные (произвольные) проекции.** К этому типу относятся все те проекции, построение которых делается иными, чем перечисленные, приемами.

Синусоидальную проекцию Саянона можно отнести к цилиндрической. Для ее построения на прямой, изображающей средний меридиан страны, откладывают выпрямленные дуги меридианов между последовательными параллелями и через полученные точки проводят прямые, перпендикулярные к среднему меридиану; они представляют параллели, на каждой из которых откладывают в обе стороны, от 0 до 180° в каждую, части, равные дугам соответствующих параллелей. Ломаные или непрерывные кривые, получаемые соединением соответствующих точек на параллелях, дадут изображения меридианов. Если в этой проекции построить всю земную поверхность, то получится фигура, на которой меридианы изобразятся изогнутыми кривыми—синусоидами (фиг. 18). Эта проекция относится к эквивалентным.

Гомолографическая проекция Мольвейде (фиг. 19) принадлежит к равновеликим и строится так: чертят окружность произвольного радиуса и проводят два взаимно перпендикулярных диаметра; горизонтальный диаметр, изображающий экватор, делят на несколько равных частей и затем строят эллипсы, проходящие через точки деления и концы вертикального диаметра (среднего меридиана),—эти эллипсы будут меридианами. Для получения параллелей проводят прямые, параллельные экватору, с таким расчетом, чтобы площадь каждого отдельного четырехугольника равнялась соответствующему четырехугольнику на земле. Если на линии, изображающей экватор, отложить вдвое более этих частей, а средний меридиан оставить без перемен, и через полученные точки провести новые эллипсы, то в этой проекции изобразится на одном эллипсе весь земной шар.

Проекция Аитова служит для изображения всей земной поверхности на одном эллипсе (фиг. 20). Экватор и меридианы в этой проекции строятся подобно тому, как и в гомолографической. Для получения изображений параллелей делят все уже проведенные эллиптические меридианы на равные части и через полученные точки деления проводят непрерывные кривые, причем экватор выразится прямою линиею.

*Лит.:* В и т к о в с к и й В. В., Картография, СПб, 1907; е г о ж е, Топография, М., 1928; Ш о к а л с к и й Ю. М., О международной карте в масштабе 1:1 000 000, П., 1923; П е т т а А., О составлении и издании карты всей земной поверхности в масштабе 1:1 000 000, пер. с нем., Изв. Русского географ. общества, СПб, 1892, т. 24, стр. 435; Т и с с о А., Изображение одной поверхности на другой и составление географ. карт, пер. с франц., М., 1899; М о р р и с о н, Как построить географ. карту и как ею пользоваться, М., 1907; К р а с о в с к и й Ф. И., Новые картографические проекции, Москва, 1922; D e e t z C. H. a. A. d a m s O. S., Elements of Map Projection, Wash., 1921.

**В. Никифоров.**

**КАРТОН**, бумажные фабрикаты, более толстые и плотные, чем соответство бумага. Обычно К. называют бумагу толщиной свыше 0,5 мм (см. *Бумажное производство*); нередко также определяют К. как бумагу весом свыше 250 г/м<sup>2</sup>, что напр. для обычных сортов древесного К. отвечает толщине в 0,3—0,35 мм. Некоторые авторы (Клемм) устанавливают границу между К. и бумагой еще ниже—при плотности (весе) последней 181—200 г/м<sup>2</sup>. Более толстые сорта К. (весом свыше 500 г/м<sup>2</sup>) называют также п а к о й. Грубым признаком, отличающим бумагу от К., может служить гибкость: вследствие большей толщины К. вообще менее гибко, чем бумага, и обычные сорта К. нельзя согнуть без образования трещины.

Главное применение К. находят как материал для изолирования различных предметов от влияния той или иной среды (для изготовления коробок, упаковки электрич. лампочек и пр.), для переплетов (книг, бумаг), для строительной-изоляционных целей, для выработки жаккардовых карт для узорного ткачества (картон-просечка), для аппаратуры тканей. Кроме того К. применяют как суррогат кожи в обувном деле, как изоляционный материал в электротехнике, как материал для уплотнения фланцевых труб. В значительно меньших количествах К. применяют для печатания, рисования, черчения, наклеивания фотографий, как прокладочный материал и для других надобностей.

Сорта К. Торговая классификация К., базируясь на разнородных признаках, не отличается определенностью. Так, некоторые сорта К. обозначаются в зависимости от материала, из которого К. выработан (солоняный, тряпичный, древесный, асбестовый), другие—по своему назначению (карточный, переплетный, кровельный), третьи—по способу изготовления или способу отделки (клееный волнистый, лакированный), иные же—по цвету (белый, серый, желтый). Имеются кроме того наименования, к-рые носят чисто случайный характер и не указывают ни назначения, ни материала, ни способа обработки картона (бристольский, шведский, финляндский и др.).

Картон с производственной точки зрения можно подразделить на следующие основ-

ные группы в зависимости от применяемого для выработки К. материала: 1) К., получаемый из соломенной (желтой) массы, — соломенный К.; 2) К., получаемый из древесной массы белой и бурой (из пареного дерева), — белый и древесный К.; и желтый К. и желтый К. и желтый К.; 3) К., изготовляемый из бумажного брака (макулатуры), — макулатурный К.; к этой же группе можно отнести и К., изготовляемый из волокон, улавливаемого из сточных вод (так называемого скопа) на бумажных ф-ках; 4) К., изготовляемый из низших сортов тряпья—хлопчатобумажного, холщового и шерстяного, — с добавлением низших сортов бумажного брака; к этой группе относятся кровельный К. (идущий на выработку толя и рубероида) и серый тряпичный К., т. н. «шведский», или обойный, служащий для обивки стен; 5) высшие сорта К., изготовляемые из тряпичной полумассы, целлюлозы и высших сортов бумажного брака; такими сортами являются: глянцевый картон (прессовой), картонный (для игральн. карт), рисовальный (напр. т. н. бристоольский К., вырабатываемый обычно из тряпичной полумассы и целлюлозы и изготовляемый или в один слой или из нескольких слоев), К. для печатания (карточек, обложек, реклам, для специальных техник. целей (напр. матричный—для ротационных печатных машин), непроницаемый для воды К. для дорожных укладок (применяемый как суррогат фибры); 6) К., изготовляемый из минеральных материалов (асбестовый К.); 7) К. специальной химич. обработки, напр. вулканизованный К., или иначе *вулканизованная фибра* (см.).

**Испытание К.** Испытание механич. свойств (сопротивления разрыву и изгибу) для низших сортов картона производят обычно от руки (на-глаз), разрывая полоски картона и надламывая углы; чем больше двойных перегибов выдерживает картон, тем выше он ценится. Определение разрывной длины и растяжимости более высоких сортов производят на разрывных аппаратах Шопера (см. *Бумаги испытание*), но более массивной конструкции. Большинство сортов испытывают лишь в отношении плотности (веса), толщины, ее равномерности, однородности и ровности поверхности (отсутствия отверстий, складок, полос, крупных неразмолотых частиц исходного материала и пр.). Определение состава по волоку, проклейке и зольности производится лишь для немногих сортов К., причем эти испытания производятся методами, применяемыми и для бумаги. Специальные техник. сорта подвергаются дополнительным испытаниям в зависимости от их назначения. Так например, электротехнический прессовой К. испытывается в отношении изоляционных свойств (см. *Волокнистые изоляционные материалы*), кровельный К. (толевый), подвергающийся пропитке смолами, испытывается на впитываемость.

**Форматы К.** Вырабатывается большей частью в листах и реке—в рулонах. Наиболее распространенные форматы в СССР: 720×1080 мм, 710×1070 мм, 800×1000 мм, 720×950 мм, 860×1080 мм, 800×1050 мм

и многие другие. По Общесоюзному стандарту (ОСТ 316) установлены следующие главные производственные форматы:

- 1) К. древесный желтый . 621×878 мм, 738×1044 мм
- 2) » соломенный » . 621×878 » 738×1044 »
- 3) Папна (картон) белая и цветная . . . . . 614×868 »
- 4) К. серый . . . . . 643×917 » 621×878 »
- 5) К. глянцевый . . . . . 434×614 »

Кровельный (толевый) К. вырабатывается в рулонах с шириной кратной 1000 мм, соответственно установленной ширине толя и рубероида.

Удельный вес К., в зависимости от сорта, по данным Кирхнера:

	Каждый уд. вес
Глянцевый К. (прессовой) . . . . .	1,2—1,25
Шерстяной К. . . . .	1,10—1,15
Желтый древесный К. . . . .	0,8—0,85
Белый » . . . . .	0,7—0,75

Вес К. обозначается в торговле №, соответственно числу листов в определенном весе в количестве. Так, в СССР до перехода на метрич. меры № картона обозначал число листов в 1 пуде К. В герман. практике номер К. обозначается числом листов формата 70×100 см в 50 кг. В табл. 1 (по Е. Кирхнеру) приведены данные о весе серого и древесного К. и толщине листов соответственно герм. нумерации.

Табл. 1.—Вес и толщина серого и древесного картона по германской нумерации.

№ картона, или число листов в 50 кг	Вес в граммах		Приблизит. толщина листа в мм	
	листа форматом 1000×700 мм	в 1 м <sup>2</sup>	серого картона	древесн. картона
20	2500	3570	4,5	6,5
30	1670	2390	2,5	3,5
40	1250	1790	1,8	2,6
50	1000	1430	1,5	2,0
60	830	1190	1,3	1,6
70	710	1020	1,0	1,4
80	625	890	0,95	1,2
90	555	790	0,9	1,0
100	500	715	0,85	0,9
120	420	600	0,75	0,8
140	360	515	0,65	0,7
160	310	440	0,55	0,6
180	280	400	0,5	0,58
200	250	360	0,45	0,55
220	230	330	0,4	0,5

Мировое производство К., по Кравайн, составляло в 1922 г.:

По европейским государствам . . . . . 1 039,2 тыс. т  
» внеевроп. » . . . . . 2 359,9 »

Всего . . . . . 3 399,1 тыс. т

В СССР потребление К. в 1913 г. равнолось 47 000 т, из к-рых 30 000 т приходилось на внутреннее производство и 17 000 т на импорт. Производство в 1927/28 г. (фактическое) и в 1928/29 г. (по программе) видно из табл. 2.

К концу пятилетия 1928—33 г. производство К. намечено довести до 100 000 т. Следует отметить, что по сравнению с производством бумаги производство (и потребление) картона у нас составляет менее 10%, в то время как мировое производство



Табл. 2.—Производство картона в СССР в 1927/28 и в 1928/29 гг. (в т и %).

Сорт картона	1927/28 г.	%	1928/29 г.	%
Древесный белый	6 400	15,3	11 500	19,8
"    желтый	17 100	40,8	27 100	46,5
Соломенный	10 400	24,9	9 600	16,5
Серый	2 200	5,4	—	—
Дресяная	5 700	13,6	1 650	2,8
Толстый			5 700	9,8
Прочие			2 600	4,5
Итого	41 800	100	58 210	100

К. в среднем составляет свыше 20% от выработки бумаги. И. Новалевский.

Лит.: см. Картонажное производство.

**КАРТОНАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**, массовое изготовление различных предметов из картона, папки и плотной бумаги, гл. обр. коробок, футляров и т. п. видов упаковок. Сильному развитию К. п. за последние 20—25 лет способствовал чрезвычайно широкое применение автоматических машин, которые режут, прикраивают и фальцуют картонный материал, скрепляют коробки клеем или проволокой, снабжают их печатным текстом, рисунками, рельефным тиснением, отсчитывают и маркируют. Т. к. каждый товар требует специальных упаковочных коробок в смысле фасона, размера, материала и отделки, то на практике для каждого вида товара весьма часто строятся специальные автоматы. Иногда такие автоматы устанавливают непосредственно на предприятиях для своей продукции; так например, на табачных ф-ках устанавливаются специальные автоматы, которые изготовляют мелкие коробки непосредственно из ролевой бумаги, причем не только высекают, оформляют и склеивают коробку, но и снабжают ее печатью в несколько красок, тиснением и бронзированием, вкладывают в нее папиросы и зажимают клапан. Соединение ряда автоматов транспортной лентой создает возможность непрерывнопоточного производства.

Основным материалом для выделки картонажей служат папка и картон, реже — плотная бумага (см. *Картон*). В дальнейшем изложения все виды этого материала будут называться картоном.

В зависимости от назначения картонажных изделий у нас применяются гл. обр. три сорта картона: серый, белый и желтый. Серый картон имеет в К. п. весьма ограниченное применение, так как вследствие ломкости он непригоден для сгибания. Белый картон также не отличается особой прочностью и применяется лишь в тонких сортах и преимущественно для упаковок пищевых продуктов, в виду отсутствия примесей, которые могут вредно влиять на заключенный в коробках товар. Наиболее широко применяется в картонажном производстве желтый картон, так как он отличается прочностью и вязкостью и легко поддается тиснению и сгибанию.

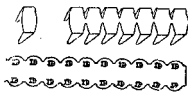
Для изготовления волнистого, или гофрированного, картона употребляется более дешевый, хотя и очень хрупкий картон из

соломы. В последнее время появились т. н. твердые папки, состав и способ изготовления к-рых весьма различны и часто составляют секрет фирмы. Эти виды картона служат гл. обр. суррогатами кожи, дерева и т. п. материалов для различных техник. целей. Сюда относится также вулканизированная фибра, представляющая собою вид картонажного пергамента и изготавливаемая из чистой хлопчатобумажной целлюлозы путем обработки хлористым цинком.

Картон применяется в К. п. либо в том же виде, в каком получается с ф-ки, либо предварительно подвергается особой отделке, в зависимости от качества картона и его назначения. При изготовлении клееных коробок необходимо, чтобы картон имел способность склеиваться, т. е. не был чрезмерно гигроскопичен. Из всех видов картона серый лучше всего склеивается. Прочие виды картона часто приходится предварительно оклеивать тонкими листами бумаги. Этот процесс называется кашированием. Иногда, в интересах экономии материала, когда требуется толстый картон, основной слой дешевого картона оклеивается картоном лучшего качества (облагораживается). Если картонная упаковка должна совершенно не пропускать влаги, жиров, кислот и пр., то картон подвергается соответственной обработке. Предварительное облагораживание картона часто делается для снабжения его изысканной отделкой и украшениями, т. к. этот способ гораздо экономичнее, чем соответствующая обработка готовых картонажей. С этой целью картон кашируется цветной или узорчатой бумагой, с рисунками и изображениями, с шероховатой и бархатистой поверхностью и пр.

Отдельные части коробок скрепляются между собою посредством клея или металлических скрепок. Для склеивания употребляют различные сорта животного и растительного клея, рисовый и пшеничный крахмал, декстрин и казеин. Гуммиарабик, хотя и является одним из лучших клеевых составов употребляется редко вследствие его высокой цены. Животный, или столярный, клей отличается высокой схватывающей способностью, но должен применяться в нагретом виде и часто содержит в себе примесь кислот, к-рые вредно влияют на окраску картонажей. К растительному клейстеру, к-рый готовится из крахмала, завариваемого крутым кипятком, прибавляется обыкновенно немного квасцов, карболовой, салициловой к-ты и т. п. средств, во избежание брожения клейстера при долгом стоянии. Весьма хорошим и опрытным склеивающим веществом является раствор декстрина, к-рый входит также в состав многочисленных патентованных видов т. н. холодного клея. Последний имеет то преимущество, что его можно разводить до необходимой консистенции холодной водой; он очень удобен для машинной работы. В последнее время входит в употребление клей, изготавливаемый из казеина. Клей этот с успехом применяется для капирования картона, так как совершенно прозрачен, не влияет на цвет крашенных бумаг и по высыхании образует гибкий, не трескающийся слой.

Металлич. скрепления, применяемые вместо клея для соединения частей картонажей, имеют форму кнопок, провололочных скобок или зубчатых полосок. Кнопки, круглые или многоугольные, с длинными или короткими зубцами, бывают разных цветов, оцинкованные, никелированные и проч. Для скобок применяется проволока или лента разной толщины (до 20 сортов), смотря по толщине картона и требуемой крепости соединения. Проволока д. б. достаточно крепка, чтобы пробивать толстые слои картона, но в то же



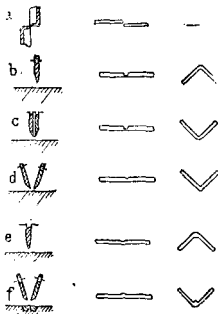
Фиг. 1.

время и достаточно гибка, чтобы не ломаться при загибе. В последнее время очень распространено сшивание зубчатыми полосками (фиг. 1), отрезаемыми в процессе изготовления коробок от цельной ленты. Такие полоски не только дают очень прочное скрепление, но и придают картонажному изделию изысканный вид.

Эти скобки вдавливаются в картон машиной, состоящей из штемпеля, в выемке которого помещается скоба, и наковальни, на к-рую надевается скрепляемый угол коробки. При нажиме штемпеля скоба выталкивается, ее зубцы прокалывают картон и загибаются внутри коробки наковальней.

По способу изготовления картонажи можно разделить на три главные группы: 1) коробки, состоящие из отдельных кусков, соединяемых между собою тем или другим способом, 2) складные коробки и вообще картонажи, изготавливаемые из одного куска картона, и 3) давленные или тянутые коробки, изготавливаемые в прессах при помощи нагревых инструментов.

Основной и общей производственной операцией при изготовлении всех видов коробок является резка и прикройка картона соответственно размеру и форме изделия. Для резки и прикройки существуют два главных

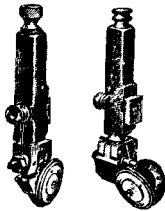


Фиг. 2.

до 4 мм. Дисковые ножи могут устанавливаться на любом расстоянии друг от друга и режут картон на продольные полосы. После соответственной перестановки дисковых ножей продольно нарезанные куски картона разрезаются той же машиной, в

к-рых продольно закреонный картон передается на поперечную машину.

Те же резальные машины комбинируются с различными аппаратами для сгибания картона с целью получения боковых стенок и углов (фиг. 3). Для наиболее простых



Фиг. 3.

картонажей, где не требуются ни особенная чистота работы ни прочность, употребляют круглые подрезальные ножи; этими ножами надрезают картон по линии сгиба (фиг. 2б). Эти ножи могут устанавливаться на любом расстоянии друг от друга и, прижимая картон к вращающемуся валу, надрезают его на известную глубину, что

и дает возможность согнуть его в данном месте. Более совершенным способом является надрез при помощи двух дисковых ножей, которые устанавливаются или параллельно (фиг. 2с) или под углом друг к другу (фиг. 2д) и прорезают в месте сгиба чистую канавку. Место сгиба ослабляется, и в большинстве случаев его приходится укреплять посредством оклеивания бумагой или другим материалом. Этот способ применяется для толстых сортов картона и для таких картонажей, в которых требуется особенно правильная линия сгиба как снаружи, так и изнутри. Если качество или назначение изделия не позволяет ослабить линию сгиба, то производится т. н. биговка (rillen), к-рая заключается в том, что картон вдавливается тупым вращающимся диском в соответственную канавку нижнего вращающегося валика (фиг. 2е). Так. обр. хотя сцепление волокон с наружной стороны сгиба ослабляется, но прочность картона уменьшается незначительно, т. к. с внутренней стороны образуется уплотненный валик. Вместо одного колеса применяются иногда 2 наклоненных друг к другу диска (фиг. 2ф).

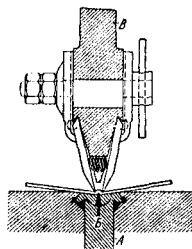
В последнее время способ биговки усовершенствован, и новейшие специальные сгибательные машины не разрезают уже волокон, а «осаживают», т. е. сжимают и уплотняют материал в месте сгиба. На фиг. 4



Фиг. 4.

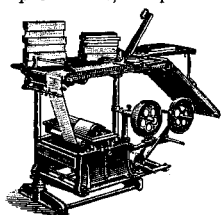
представлен такой сгиб в разрезе. Средний, или нейтральный, слой картона остается при сгибе без изменения, т. к. его волокна при этом не подвергаются ни растяжению ни сжатию. Волокна наружного слоя получают удлинение, к-рое позволяет им свободно изогнуться в месте сгиба. Внутренний слой выпячивается внутрь, и наружные волокна испытывают меньшее растягивающее усилие. Благодаря этому картон может свободно изгибаться под любым углом, не разрываясь. Эти картоносгибательные машины имеют следующее устройство (фиг. 5). В теле стола, на к-рый укладывается картон, помещается покоящаяся на сильных пружинах

призматическая рейка *A* с клинообразным тупым носком *B*, или так назыв. *я зы* к о м. Сверху параллельно плоскости столба расположена перекладина *B*, к-рая может опускаться и подниматься



Фиг. 5.

при помощи эксцентрикового приспособления. К боковым скошенным поверхностям перекладки прилегают две клинообразные рейки, которые наподобие щипцов захватывают картонный материал и прижимают его к боковым поверхностям языка, образуя при этом утолщение на линии сгиба. Картонасгибательные машины по большей части одновременно делают и щипцы, т. е. разрезают картон на продолжении линии сгиба, для образования боковых стенок и подрезания лапок, к-рыми боковые стенки скрепляются между собою. Если же стенки коробок соединяются впритык, то лишние куски высекаются. Т. к. при глубоких коробках высечка углов влечет за собою большую потерю материала, то в этих случаях чаще основание и боковые стенки вырезаются отдельно, и коробки составляются из отдельных частей, приклеиваемых бумагой или колленкором. Приклеивание производится или обыкновенными *клеильными машинами* (см.) или специальными автоматами. Затем коробка поступает на обтяжной станок для обтягивания бумагой, сбегающей в виде бесконечной ленты с барабана и проходящей через валик, покрытый клеем (фиг. 6).

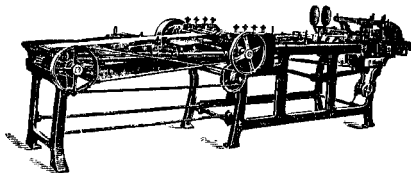


Фиг. 6.

Оклеивка может производиться одновременно и несколькими отдельными полосками бумаги (до трех). На той же машине может производиться обтяжка коробки вместе с крышкой: такие коробки сначала накрываются крышкой, затем сплошь обтягиваются бумагой, которая потом разрезается на станке со всех сторон или только с трех сторон (коробки с откидной крышкой).

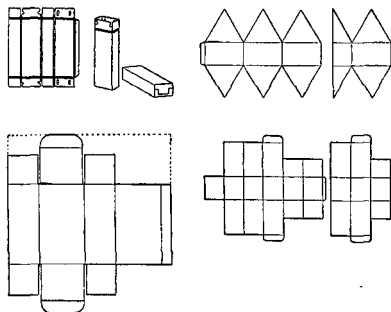
Складные коробки имеют то преимущество, что доставляются потребителю в плоских листах, что значительно упрощает их пересылку и хранение до употребления. Изготовление складных коробок в общем сходно с вышеизложенным, с тем лишь отличием, что отпадают процессы скрепления и обтяжки. Подготовленная надлежащим образом выкройка складных коробок пропускается обычно через специальную машину, намазывающую затворный клапан клеем, после чего коробка фальцуется и в сложном виде пропускается через причирочный станок, представляющий собою систему нагретых валиков. На фиг. 7 изображен авто-

мат, который производит намазку клея, сгибание, притирку, подсчет и маркировку со скоростью до 400 коробок в мин. В последнее время вместо намазывания клеем коробка снабжается лапчатым клапаном, к-рый входит в специальные вырезы выкройки, так что в этом случае отпадает и операция намазывания клея. Нек-рые фасоны этих коробок



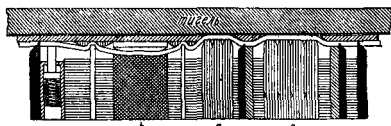
Фиг. 7.

приведены на фиг. 8. Для снабжения складных коробок этикетками, рисунками и украшениями картон пускается до прикройки в литографскую или офсетную печать. Но чаще всего применяются машины, выполняющие все эти процессы одновременно, с какой-



Фиг. 8.

целью тигельные печатные машины снабжаются высекальными ножами и аппаратами для сгибов. Для того чтобы высекальные ножи не могли запачкаться краской, они делаются на 2 пункта ниже, чем типографский набор (фиг. 9, *a*), ножи для канавок и сгибов—на 3 пункта ниже (фиг. 9, *b*); к тиглю



Фиг. 9.

же прикрепляется соответственным образом пригнанная медная пластинка. Новейшие машины (без красочного печатания) дают при большом формате (81 × 61 см) до 1 500 оттисков в час; американские двухоборотные скоропечатные машины с самонакладчиком и самоприемником дают при формате 117,5 × 176,5 см до 2 500 листов готовой кройки в час. Для производства мелких ко-

робок с печатью в несколько красок, бронзированием, тиснением и проч. существуют автоматы, изготовляющие непосредственно из ролевой бумаги, при формате 25×30 см, до 6 000 коробок в час.

Давление и тянутые коробки. Картон при обработке горячими прессами принимает и сохраняет придаваемую ему штампом и матрицей форму. Таким образом изготовляют круглые или овальные коробки. Первоначально заготавливаются из картона длинные цилиндры, трубки, или так называемые гильзы. Для этого картон режут на такие прямоугольные куски, чтобы при навивании на вал соответственного диаметра получились по всей окружности двойной слой картона. Половина этого куска смазывается клеем, для того чтобы оба слоя картона, из которых состоит гильза, прочно соединились между собою. Самая навивка происходит на специальной машине, состоящей из навивочного и притирочного валов, из которых последний все время подогревается. Полученная таким образом гильза разрезается специальной резальной машиной на кольца соответственной ширины, в зависимости от высоты требуемых коробок. Заранее отштампованные круглые донышки вставляются в эти кольца при помощи особой формы, а края трубки закантовываются под сильным давлением нагретым инструментом, так что образуется круглый валик, препятствующий выпадению донышка. Приблизительно таким же способом изготовляются круглые коробки с выступающим кантом, с тем лишь отличием, что здесь донышки имеют больший диаметр, а для того, чтобы они вошли в трубку, им придается выпуклость. Трубки вместе с донышками вставляются в форму, и здесь выпуклость донышек расправляется, вследствие чего края трубки выступают наружу и закантовываются, образуя сбоку ровный и красивый ободок. Одновременно на крышку наклеивается гуммированный этикет. Все эти операции выполняются под давлением на frictionных или винтовых прессах, причем все инструменты, соприкасающиеся с картоном, д. б. нагреты.

Таким же способом изготовляются овальные и даже четырехугольные коробки, с тою лишь разницей, что заготовленным кольцам сообщается при помощи нагретых форм и сердечников требуемая форма. Выпуклые формы и рельефное тиснение аналогичным способом могут придаваться и клееным коробкам.

Волнистый картон. Волнистый, или гофрированный, картон представляет собою чрезвычайно эластичный упаковочный материал, способный прекрасно амортизировать удары и толчки; он особенно часто применяется для пересыпки хрупких предметов. Гофрированный картон представляет собою рифленую бумагу, оклеенную с одной или с обеих сторон гладкими бумажными листами. Благодаря этому рифли не расправляются и при нажиме оказывают легкое пружинящее сопротивление. Гофрированные коробки изготовляются теми же резальными, высекальными и сгибательными машинами, но, разумеется, приспособ-

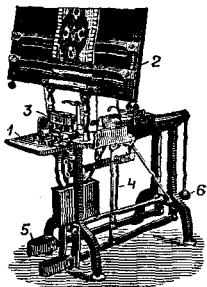
ления, подающие картон, должны иметь такое устройство, чтобы не снимать рифля. Для коробок, изготовляемых целиком из волнистого картона, употребляется картон, оклеенный с обеих сторон, для вкладки же в обыкновенные коробки идет картон, оклеенный с одной стороны. Весьма часто гофрированные коробки являются лишь дополнительной упаковкой для товара, уже упакованного в специальные коробки. Отдельные части гофрированных коробок скрепляются исключительно проволокой.

*Lum.: Valenta E., Die Rohstoffe d. graphischen Druckgewerbe, B. 1—Das Papier, seine Herstellung, Eigenschaften, Verwendung in d. graphischen Drucktechniken, Prüfung usw., 2 Aufl., Halle 3/5, 1922; Hess W., Die Papier-Prägetechnik, 2 Aufl., Berlin, 1923; Hess W., Die Praxis der Pappenverarbeitung, B. 1—2, Berlin, 1922—24; Hess W., Die Kartonagen-Fabrikation, Berlin, 1926; Krumbiegel W. und Lange R., Der Kartonagen-Praktiker, Dresden, 1926; Schuberger M., Die Papierverarbeitung, B. 1—Die Kartonagen-Industrie, Berlin, 1922.*

**КАРТОНАСЕКАЛЬНАЯ МАШИНА.** При выработке фасонных (узорчатых) тканей при помощи жаккардовой машины употребляется жаккардов картон, к-рый состоит из отдельных нарезанных четырехугольных кусков плотного бумажного картона, так называемых карт. Ширина и длина карт должны точно соответствовать размеру стороны или грани призмы жаккардовой машины, для которой в зависимости от ее величины (количества игол) картон предназначается. Каждая карта жаккардова картона имеет просеченные или пробитые круглые отверстия, которые во всей своей совокупности обуславливают подъем нитей основ, нужный для образования требуемого узора в ткани. Отдельные карты с насеченными на них отверстиями связываются между собой в бесконечное полотно или ленту и представляют собою то, что называется жаккардовым картоном. Насечка или пробивка отдельных карт жаккардова картона производится по специальному рисунку (патрону) на особых машинах, называемых картонасекальными или картопробивными. Насечкальные машины для насечки карт жаккардова картона строят для жаккардовых машин на 200, 400, 600 игол и свыше.

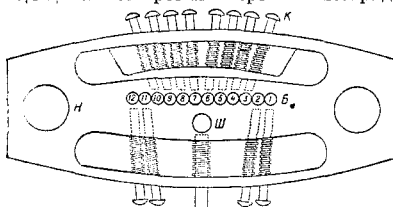
По характеру конструкции К. м. можно подразделить на два существенно различных и типичных вида: 1) К. м. английской системы (см. фиг. 1) и 2) К. м. хемницкой системы (фортепианные, или клавишные, фиг. 4). Главное различие между указанными системами заключается в том, что в К. м. английской системы во время просечки карты последняя подвигается перпендикулярно по отношению к работающему на машине, а в К. м. хемницкой системы—параллельно.

Сущность устройства и работы К. м. английской системы состоит в следую-



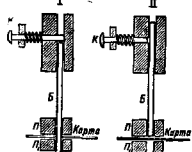
Фиг. 1.

цем (фиг. 1). На металлич. столе—подставке машины 1—при помощи двух неподвижных стоек укреплен шпиндр 2 для патрона—рисунка предназначенной к просечке и выработке ткани. Непосредственно на столе расположен картонасекальный механизм 3, соединенный металлич. тягами 4 с двумя подложками 5. Перед пробивкой цельная карта закладывается в картонасекальный механизм и передним своим концом зажимается в подвижной каретке особым пружинным зажимом. После пробивки в карте каждого поперечного ряда отверстий каретка с зажатой картой автоматически передвигается на расстояние одного ряда; движению каретки способствует действие одной из подложек 5 (правой) и груза 6. Устройство самого насекального механизма заключается в следующем. В металлич. коробке Н (фиг. 2) расположены в вертикальном положении, в один ряд, стальные круглые бородки В, в данном случае в количестве 12 штук, и один бородок Ш, т. н. шиповой. Число бородков в машине должно равняться числу отверстий в одном вертикальном ряду призмы жаккардовой машины. От числа отверстий в вертикальном ряду



Фиг. 2.

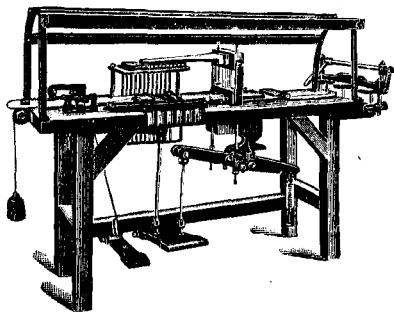
призмы или от числа игол в вертикальном ряду жаккардовой машины зависит как конструкция, так и применение К. м. Так например, если насекальная машина предназначена для жаккардовой машины в 600 игол, причем в одном вертикальном ряду последней будет 12 игол, то К. м. должна строиться с 12 бородками. На такой машине возможно производить насечку карт для жаккардовых машин не только в 600 игол, но также в 200 и 400, но не свыше 600 игол. Под коробкой с бородками расположены одна над другой две наглухо укрепленные металлические плиты П-П<sub>1</sub> (фиг. 3) с отверстиями для прохождения бородков. Между этими плитами имеется свободное пространство около 2—3 мм по высоте, т. е. равное тол-



Фиг. 3.

щине картона карты и по ширине равное ширине карты. В это пространство пропускается передний конец карты, соединенный при помощи зажима с подвижной кареткой. Как это видно из фиг. 2 и 3, каждый бородок имеет в верхней части коробки пружинный клавиш. Фиг. 3 иллюстрирует два положения бородка. Первое положение:

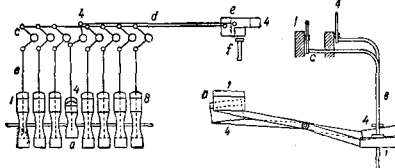
когда нажатием пальца руки в коробку вдавливается один из клавишей К, то последний своим концом приходит над головкой бородки В; если в этот момент наступить на левую подножку и этим дать металлической коробке движение вниз, то бородок В



Фиг. 4.

пробьет в карте круглое отверстие. Второе положение: если перед наступлением на подножку ни один из клавишей К не будет нажат, то его конец не будет приходиться над бородком; в этом случае, хотя коробка и опустится, бородок не пробьет карты, т. к., не имея сверху никакого упора, он опустится только до поверхности карты.

Что касается К. м. хемницкой системы (фиг. 4), то следует заметить, что принцип просечки карт на этой машине остается тот же, что и на машине англ. системы, т. е. в каждой карте пробиваются один за другим поперечные ряды. Разница заключается лишь в устройстве картонасекального механизма и в направлении движения просекаемых карт; о последнем было сказано выше. На фиг. 5 изображена схема картонасекального механизма машины хемницкой системы, дающая возможность ознакомиться с механизмом в плане и в боковом разрезе. Цифрами 1, 4, 8 обозначены



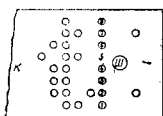
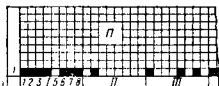
Фиг. 5.

клавиши а, которые укреплены на рычагах первого рода. Эти рычаги на другом конце соединены посредством стержней в с угловыми рычагами с. От рычагов с идут стержни д к полузункам е, которые устроены так, что бородки f совершенно свободно проходят возле них. Когда какой-либо из клавишей нажат (на фиг. клавиш 4), то полузунк е надвигается на головку бородки, и при нажатии на подножку бородок пробьет карту.

Кроме К. м. описанных конструкций имеется еще целый ряд К. м. как для осо-

бого рода работ, так и для специальных жаккардовых машин, в частности для машин Верболя. Что касается порядка нажатия клавишей, т. е. порядка просечки, то последняя совершается в зависимости от патрона (рисунка). Предварительно на карте просекают вязочные и шиповые дыры, а затем дыры, соответствующие рисунку. Для шиповых дыр в К. м. имеется специальный шиповой бородок большего размера; для вязочных дыр служат бородки, предназначенные для рисунка.

Порядок просечки рисунка и действие машины происходят следующим образом. На шпигитре машины, между двумя его линейками, укрепляется патрон (рисунок), причем на нижней линейке накальвается особый масштаб из бумаги с делениями, соответствующими размеру больших квадратов вычислительной (кальвойной) бумаги патрона. Нижняя линейка устанавливается на патроне так, что оставляет на виду всего только



Фиг. 6.

один горизонтальный ряд клеточек, которые указывают места подъема основных нитей над первой прокладкой утка. Насекальщик, зачитывая в порядке патрона число закрытых клеточек, надавливает соответствующие клавиши и пробивает соответствующие дыры в поперечном ряду карты; незакрашенные клеточки патрона принимаются в счет, но остаются на карте непробитыми. На фиг. 6 наглядно показано, в каком порядке зачитывается насекальщиком патрон *П*, какие отверстия в карте *К* пробиваются и какие клавиши были нажаты.

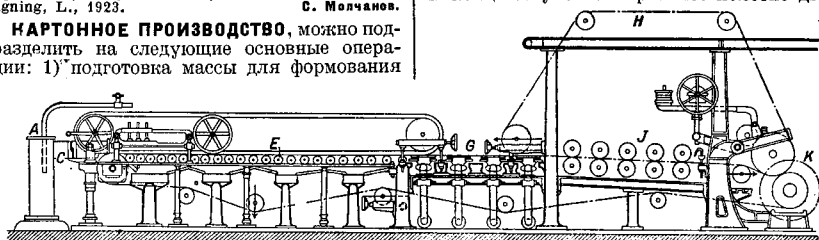
Лит.: Wickard A., Die Webereimaschinen, Lpz., 1914; Taylor J. T., Cotton Weaving & Designing, L., 1923. С. Молчанов.

**КАРТОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО**, можно подразделить на следующие основные операции: 1) подготовка массы для формования

аппаратах: бегунах, ролах, мельницах Жордана и пр.; методы обработки изменяются в зависимости от назначения композиции и картона. Особенностью, отличающей К. п. от бумажного, является необходимость, наряду с обеспечением некоторой прочности вдоль листа, достигнуть также достаточной связи между волокнами в поперечном направлении, чтобы картон не расслаивался.

2. Формование картонного листа. В зависимости от типа картоноделательных машин следует различать: а) обычный картон, вырабатываемый на машинах с плоской сеткой (столовых машинах); б) обыкновенный прессованный (навивной) картон, изготовляемый на папочных машинах с сеточным цилиндром; в) многослойный машинный картон, изготовляемый на многоцилиндровых картоноделательных машинах; г) клееный картон (двойной, тройной и т. д.). Ручная вычерпка картона применяется крайне редко и только для выработки самых высоких сортов картона (рисовального, чертежного). Описание техники ручной вычерпки—см. *Бумажное производство*, в вычерпка бумаги.

Столовые машины с плоской сеткой применяются для выработки картона тонких сортов (напр. ролевого прессшпана), картона из очень жирной, т. е. плохо отдающей воду, массы и, наоборот, картона из очень тощей массы, к-рый при выработке из многих слоев склонен расслаиваться. Столовые машины с плоской сеткой применяют главным образом для выработки соломенного картона и кровельного картона. По своей конструкции они весьма мало отличаются от столовых *бумагоделательных машин* (см.). Они снабжены второй сеткой и предварительным прессом, расположенным перед гауч-прессом. Сеточная часть такой машины, предназначенной для выработки соломенного картона, изображена на фиг. 1. Соломенная масса из напускового ящика *A* поступает на фардук *C* и отсюда на сетку *E*. В конце сосунов *G* картонное полотно дви-



Фиг. 1.

жется между двумя сетками—нижней *E* и верхней *H*, где отжимается несколькими парами предварительных прессов *J*, откуда поступает на гауч-пресс *K* и далее на прессовую и сушильную части машины. Современные машины описанного типа имеют ширину до 3 м, нижнюю сетку длиной от 0 до 24 м и верхнюю от 9 до 10 м. Рабочие скорости столовых картонных машин, для случая выработки соломенного и толевого картона, приведены в следующей таблице.

1. Подготовка массы. В производстве картона пользуются теми же полуфабрикатами, что и в бумажном производстве. Обработка и подготовка их для получения массы, годной к отливке на картоноделательных машинах, по существу мало отличаются от подготовки волокна для формования бумажного листа и производится на таких же

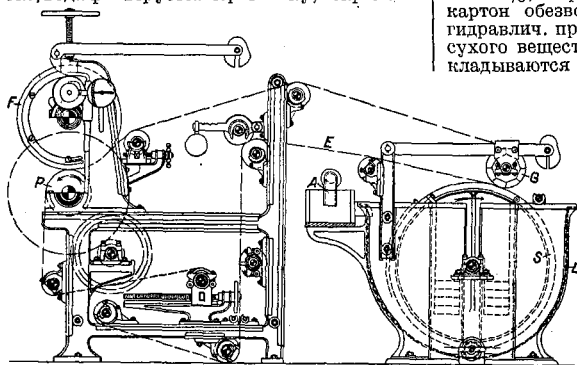
аппаратах: бегунах, ролах, мельницах Жордана и пр.; методы обработки изменяются в зависимости от назначения композиции и картона. Особенностью, отличающей К. п. от бумажного, является необходимость, наряду с обеспечением некоторой прочности вдоль листа, достигнуть также достаточной связи между волокнами в поперечном направлении, чтобы картон не расслаивался.

Рабочие скорости столовых картонных машин в м/мин.

Кarton	При плотности в г/м <sup>2</sup>							
	300	400	625	833	875	1 000	1 100	1 250
Соломенный								
Скорость по Кирхнеру . . . . .	25	—	16,5	—	11	—	—	8
Скорость по Мюллеру . . . . .	—	19—20	—	—	—	—	5—6	—
Телевый								
Скорость по Мюллеру . . . . .	—	—	13	11	—	1,5	—	—

Плотность нормально не превосходит 600—750 г/м<sup>2</sup>, достигая 1 000—1 200 г/м<sup>2</sup>.

Одноцилиндровые (папочные) машины для выработки картона подобны папочным машинам, применяемым в древесномассном производстве (см. *Древесная масса*). На фиг. 2 изображена схема устройства такой машины. Масса, поступающая по трубе *A*, наполняет чаш *D*, в к-ром вращается покрытый мелкой сеткой барабан *S*, погруженный в массу примерно на  $\frac{2}{3}$  своей поверхности; вода фильтруется через сетку, покрываю-



Фиг. 2.

щую цилиндрич. поверхность барабана, и удаляя с его торцов, причем волокна массы отлагаются на сетке. Слой волокон, попадая на поверхность бесконечного сукна *E*, прижимаемого гауч-валом *G*, пристает к сукну и подводится последним к валам *P* (пресс) и *F* (форматный вал), где навивается на форматный вал в несколько слоев, спрессовывающихся в один лист. Рабочий снимает с вала лист влажного картона, проводя (по достижении требуемой толщины листа) ножом по имеющемуся на поверхности вала желобку (идушему параллельно оси вала). Таких желобков на форматном валу бывает иногда два; часть окружности вала между двумя желобками (с учетом насадку картона при сушке) должна соответствовать длине или ширине картонного листа. Длина сеточного барабана, т. е. рабочая ширина машины, равняется длине картонного листа, а иногда—двойной длине или двойной ширине

листа. Если машина двухлиственная, т. е. по ширине машины формуется одновременно два листа картона, то по окружности форматного вала навиваются три полоски клеенки или резинового тонкого полотна. Волокно оседает на сетке формата. вала только в незащищенных местах; т. образно полоска, навитая посередине формата. вала, заставляет волокно ложиться двумя параллельными лентами, а боковые полоски определяют ширину каждой ленты, т. е. ширину или длину листа картона. Плот-

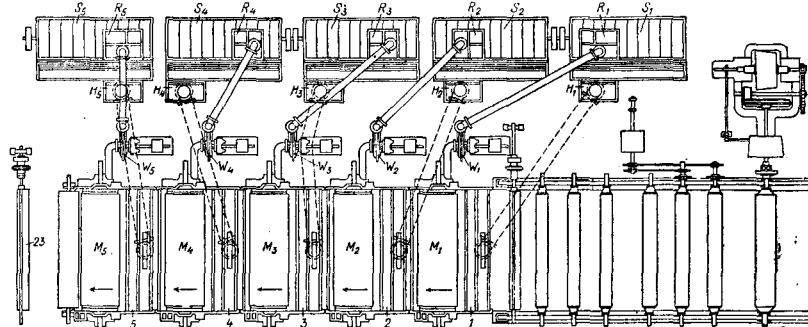
ность каждого слоя массы при выработке навивного картона нормально составляет 50—70 г/м<sup>2</sup> (максимально 170—200 г/м<sup>2</sup>), а общая плотность картонного листа—400—1 200 г/м<sup>2</sup> (20 и более слоев). Скорость вращения сеточного цилиндра—10—30 м/мин; производительность—350—400 кг с 1 м<sup>2</sup> сеточного цилиндра в 24 часа (Мюллер). На описанных машинах вырабатывается древесный (белый и бурый), серый, асбестовый и другие сорта картона. Влажность листа, снятого с машины, 65—70%; перед поступлением на сушку картон обезвоживается дополнительно на гидравлич. прессах до 45—50% содержания сухого вещества. Сырые листы картона складываются в пресс не сплошной стопой,

но перекладываются железными листами (большого формата, чем листы картона, и ок. 1,5 мм толщиной) на расстоянии ок. 50—80 мм один от другого, так что вся масса запрессованного картона является разделенной по высоте на небольшие отдельные стопки. При этом выжимаемая прессом вода стекает из каждой стопки по железным листам отдельно и не размывает края нижних листов картона. Кроме того вся масса удаляемой воды разделяется железными листами на части, и возможность размыва картона потоками воды, устремляющимися от середины массы к краям, значительно ослабляется.

Многочисленные одноцилиндровые картоноделательные машины для выработки картона тонких развесов в последнее время вытесняют папочные машины. В то время как производительность обычных папочных машин 2—2,5 т в сутки, современные многоцилиндровые машины дают выработку до 40—50 т и более. На фиг. 3а даны схематически боковой вид и план пятицилиндровой круглосеточной машины. Картонная масса поступает в ящик  $R_1, \dots, R_2$  где разбавляется оборотной водой из сеточных цилиндров  $M_1, \dots, M_5$ , перекачиваемой насосами  $W_1, \dots, W_5$ . Масса и оборотные воды из каждого цилиндра имеют обособленные пути, что позволяет получать картон из нескольких слоев разнородного материала. Из ящиков  $R_1, \dots, R_5$  масса проходит через узлоловители

$S_1, \dots, S_5$  и через напорные ящики  $H_1, \dots, H_5$  поступает в чаны  $1, \dots, 5$  с сеточными цилиндрами  $M_1, \dots, M_5$ , при концентрации в 0,5—1% абсолютно сухого волокна. Образовавшийся на сеточных поверхностях цилиндров  $M_1, \dots, M_5$  волокнистый слой соприкасается с нижней поверхностью бесконечного сукна  $F$  (фигура 3б), прижимаемого к сеточным цилиндрам гауч-валами

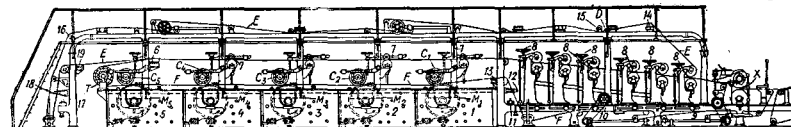
ручных натяжных валика 9 и 10. Очистка сукна от прилипших и вошедших в его поры волокон, части наполнителей и прочих загрязнений производится при помощи била 11, спырка 12 и сосуна 13, отсасывающего воду и приводящего сукно в состояние, способное снова снимать слой массы с цилиндров. Верхнее сукно  $E$ , огибая верхний вал последнего пресса 8, поднимается кверху, проходит че-



Фиг. 3а.

$C_1, \dots, C_6$ . Сукно  $F$  последовательно снимает массу слой за слоем с сеточных цилиндров, при этом, пройдя цилиндр  $M_1$ , оно несет один слой, пройдя следующий цилиндр,—два слоя, и т. д., пока после пятого цилиндра ( $M_5$ ) на нижней поверхности сукна не образуется число слоев массы, равное числу цилиндров (в данном случае пяти). Пройдя цилиндр  $M_5$ , сукно  $F$  огибает опорный валик  $T$  (картон теперь оказывается уже на верхней поверхности сукна  $F$ ) и встречает верхнее сукно  $E$ . С этого момента влажное картонное полотно, находясь между двумя сукнами, движется с ними, проходя через последовательный ряд отжимочных приспособлений: валик 6, несколько пар отжимных, покрытых резиной валов 7 и предварительные прессы 8 (на фиг. показано 6 таких прессов). Последовательно сила отжима все увеличивается с таким расчетом, чтобы влажное картонное полотно не было деформировано, разорвано или размыто устремляющимися наружу

рез правильный валик 14 и очистной валик 15, к гладкой медной поверхности к-рого прилипают частицы массы и других загрязнений, счищаемые с поверхности валика шабером  $D$ ; далее верхнее сукно проходит два натяжных валика, два очистных валика, подобных валику 15, и, обогнув ведущий валик 16, опускается вниз и очищается при помощи била 17, спырка 18 и сосуна 19. В некоторых машинах верхнее сукно проходит вместе с полотном картона и нижним сукном гауч-пресс. В других кругросеточных картонных машинах верхнее сукно вовсе отсутствует, и картонное полотно поддерживается только нижним сукном. Описанные картоноделательные машины применяются для выработки древесного картона белого, желтого, макулатурного и др. сортов, но имеется возможность выработать и многослойный картон из разнородного материала. В этом случае первый и последний (покровные) слои, плотность в 60—80 г/м<sup>2</sup>, приготавливаются из более ценного материала, например



Фиг. 3б.

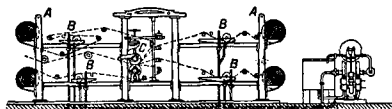
потоками выжимаемой воды. Пройдя предварительные прессы 8, полотно картона поступает на гауч-пресс  $X$ , к-рый по устройству схож с соответствующей частью бумагоделательных машин, и далее следует на прессовую часть и сушильную машину. Нижнее мокрое сукно  $F$ , пройдя вместе с полотном картона гауч-пресс  $X$ , отходит книзу и возвращается снова к сеточному цилиндру  $M_1$ . Для натяжения сукна служат 2

целлюлозы (иногда окрашенного), а средние слои—из дешевого материала, как например древесн. масса или масса из бумажного брака. Плотность вырабатываемого картона обычно равна 400—750 г/м<sup>2</sup>, достигая в некоторых случаях 1 200 г/м<sup>2</sup>. Производительность современных машин—50 т и более за 24 ч. а рабочая ширина—3 000 мм и выше. Число сеточных барабанов—до 8 штук (диам. 1 000—1 250 мм), предварительных



прессов—также до 8 шт., мокрых прессов—обычно 3. Влажность картонного полотна перед гачч-прессом—70—72%, при поступлении на сушилку—60% (40% абсолютно сухого волокна). Скорость хода машины колеблется в зависимости от материала и плотности картона. При выработке картона из бумажного брака плотностью в 220 г/м<sup>2</sup> скорость составляет ок. 80 м/мин, при выработке белого древесного картона плотностью ок. 500 г/м<sup>2</sup>—20 м/мин.

Клееный картон. Для тонкого клееного картона типа «бristolского» применяют клеильные машины, непосредственно соединенные с сушильной частью, состоящей из нескольких сушильных цилиндров (по тигу сушильных частей бумагоделательных машин). Такие машины работают обычно со скоростью 4—12 м/мин в зависимости от плотности картона. Склеивающим материалом чаще всего служит клейстер, в который добавляют в качестве консервирующего средства борную к-ту, буру или карболовую к-ту. На фиг. 4 изображена машина для получения четырехслойного тонкого картона. Исходный материал, в виде рулонов бумаги, помещается на двух станинах А. Раствор клейстера помещается в четырех корытах В. Бумага с

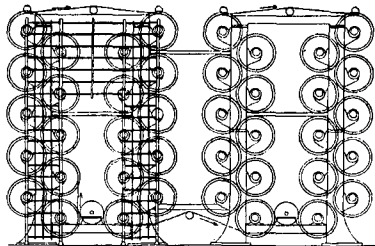


Фиг. 4.

двух левых рулонов образует наружные слои клееного картона, она смазывается клеем при помощи валиков только с одной стороны. Бумага с двух правых рулонов образует внутренние слои картона и смазывается клеем с двух сторон. Избыток клея очищается раклями. Соединение четырех полотен бумаги производится прессом С, после к-рого картон непосредственно поступает на сушильную часть. Машины для получения толстого картона путем склеивания многих (до 10) листов не имеют сушильных цилиндров; сушка производится в виде листов при помощи теплого воздуха.

3. Сушка картона. При выработке картона на столовых или многоцилиндровых круглосеточных машинах картон поступает в сушилку с мокрых прессов непрерывным полотном с содержанием абсолютно сухого вещества около 35—40%. В этом случае сушка картона производится на многоцилиндровых сушильных агрегатах, состоящих с т. н. мокрыми частями картоноделательных машин одно целое и по конструкции аналогичных сушильным частям бумагоделательных машин, отличающаяся от них только тем, что вместо сукна прижим картонного полотна производится рычажными валиками. Диаметры сушильных цилиндров—от 1,25 до 2,0 м, причем на машинах, вырабатывающих толстый и мало гибкий (напр. соломенный) картон, цилиндры должны иметь большой диаметр. Цилиндры обычно располагаются в два или три ряда, но для экономии места в последнее время применяют

конструкция машин с 4—6 рядами сушильных цилиндров. Так, на фиг. 5 показаны 40 сушильных цилиндров, расположенных в 4 вертикальных группах. Производительность сушильной части в зависимости от сорта и плотно-



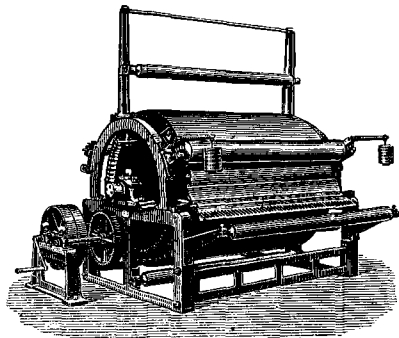
Фиг. 5.

сти картона составляет от 5 до 7,5 кг картона в час на 1 м<sup>2</sup> поверхности сушильных цилиндров, охватываемой картоном; при этом с увеличением плотности картона производительность сушики увеличивается, что видно из сопоставления следующих цифр (по Ф. Моллеру):

Сорта картона		Производ. 1 м <sup>2</sup> суш. части в 1 час (в кг)
Белый древесный:		
Плотн. 300 г/м <sup>2</sup>	.....	5,82
» 500 »	.....	6,25
» 900 »	.....	7,20
Желтый древесный:		
Плотн. 300 г/м <sup>2</sup>	.....	5,00
» 600 »	.....	6,25

Термич. кпд сушики—0,83—0,84, а расход пара на сушику 1 т картона—ок. 2—2,2 т. Картон, получаемый на палочных машинах, поступает на сушику, после прессования на гидравлических прессах, в виде листов с влажностью 40—50%.

Для сушики листового картона применяют следующие устройства. 1) Воздушная

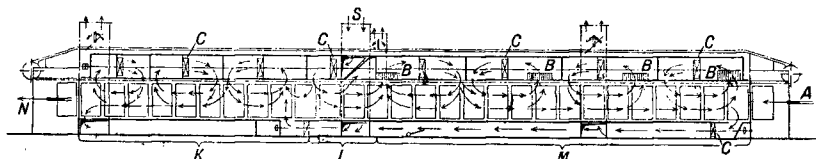


Фиг. 6.

сушка в сараях; картон подвешивается в несколько ярусов; по Хойеру, на 50 кг картона требуется 1 м<sup>2</sup> площади. 2) Отдельные большие обогреваемые паром сушильные цилиндры (диам. 1,8—2,5 м) с сукном или сеткой (фиг. 6). На таких цилиндрах лег-

ко досушивается тонкий картон, поступающий непосредственно с гидравлических прессов; толстый же картон должен быть предварительно подсушен (напр. воздушной сушкой) до содержания ок. 70% сухого вещества. 3) Камерные сушилки периодич. действия с подводом теплого воздуха; сушка производится в течение  $2\frac{1}{2}$  часов при постепенном повышении  $t^\circ$  с  $20-35^\circ$  до  $70^\circ$ . 4) Камерные сушилки постоянного действия (сист. Шильде и др.) представляют собою длинные камеры (каналы), внутри которых движется транспортирующая цепь. Цепь имеет зажимы, на к-рых подвешиваются листы картона. Сушилки устраиваются с одним или двумя параллельными каналами или в два и более этажей. Подвод теплого воздуха, нагреваемого калориферами, производится при помощи вентиляторов. При подаче воздуха осуществляется принцип противотока,

ных сортов картона давление на глзерах составляет от 10 до 12 *m*; для более высоких сортов картона применяются более сильные глзеры с давлением до 100—150 *m*. Сорта картона, требующие высокого глянца (напр. прессовой картоны), лощатся при помощи отполированных агатовых камней. Станок для агатового лощения состоит из стола, на к-ром помещается обрабатываемый лист картона, и механизма, приводящего державку с агатом в возвратно-поступательное движение со скоростью ок. 1 *м/мин*. Движущаяся по картону полированная агатовая пластина (шириною 80—100 *мм*) придает листу очень высокий глянец. Когда одна полоса вдоль картона достигла надлежащего лоска, лист передвигают, чтобы отглизировать соседнюю полосу; так поступают до тех пор, пока весь лист не получит одинаково ровного высокого глянца. Работа эта кро-



Фиг. 7.

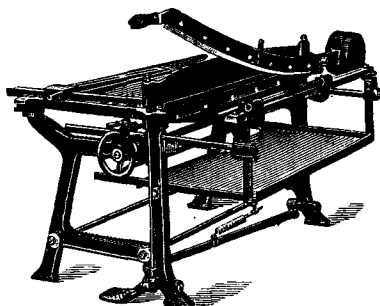
так что максимальная  $t^\circ$  в  $80^\circ$  действует только на почти высушенный картон. В новейших сушилках каналы разбиваются на секции с самостоятельной циркуляцией воздуха, что позволяет точно регулировать  $t^\circ$  в различных частях сушилки. После сушки картон охлаждается и увлажняется в самой сушилке (фиг. 7, где *A*—место входа сырого картона, *B*—калориферы, *C*—вентиляторы, *N*—выход сухого картона, *S*—место входа охлаждающего воздуха, *M*—сушильная зона, *L*—охладительная зона, *K*—увлажнительная зона). Такие сушилки строят празводительностью от 1,5 до 15 *m* в сутки, при длине от 14 до 50 *m* и ширине от 2 до 5 *m*. Термич. кпд такой сушилки составляет 0,72—0,75, а расход пара (4 *атм*)—от 1,5 до 1,8 *m* на 1 *m* картона с влажностью 45—50%. В некоторых системах камерных сушилок транспортирующая цепь заменена движущейся лентой, на которую картон кладется, а не подвешивается.

4. Отделка картона. Картон, вырабатываемый на столовых и круглосеточных машинах, пройдя сушку, непосредственно поступает на глзер для придания лоска (см. *Бумажное производство*). Далее картонное полотно поступает на продольную резку и в случае выработки ролевого картона передается на накат, а в случае выработки листового картона поступает на поперечную резку, установленную в конце машины. Т. о. со столовых и круглосеточных машин картон обычно получается в вполне законченном виде, в форме рулонов или листов, и с машин поступает в улаковку. Листовой картон, вырабатываемый на папочных машинах, лощится на отдельных глзерах (или сатинерах), состоящих обычно из двух массивных или полых (для обогрева паром) чугунных валов. Для лощения обыч-

потливая и требует большого количества раб. силы; производительность станков мала.

*Литт.*: Kirchner E., Lehr- und Handbuch d. Pappenfabrikation, T. 1—2, 2 Aufl., Biberach a/Riss 1926; Hoyer F., Die Pappenfabrikation, Berlin, 1925; Müller F., Die Papierfabrikation und deren Maschinen, B. 1—2, Biberach a/Riss, 1926—27; Hesse W., Die Praxis der Papperverarbeitung, B. 1, Berlin, 1922. И. Ковалевский.

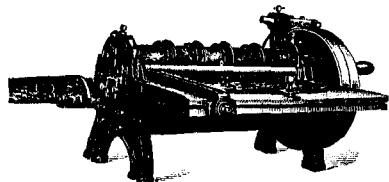
**КАРТОНОРЕЗАЛЬНЫЕ МАШИНЫ**, в полиграфическом производстве. Разрезка листового картона на нужные форматы при его



Фиг. 1.

обработке в типографском и переплетном деле может производиться как на обыкновенных бумагорезальных машинах тяжелого типа (см. *Бумагорезальная машина*), так и на специальных К. м. Из последних т. н. папшеры (Pappenschere) применяются преимущественно в небольших производствах (в крупных же производствах—как вспомогательные машины для подрезки) и состоят (фиг. 1) из чугунного стола, с правой стороны которого находится рычаг с

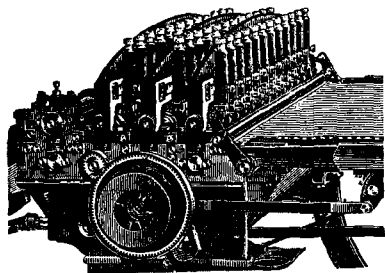
ручкой на одном конце и грузом на другом конце. К рычагу привинчивается слегка изогнутый нож, благодаря чему разрез такого крепкого материала, как картон, производится постепенно подобно разрезанию ножницами. С левой стороны стола имеется



Фиг. 2.

упор для установки размера обрезаемого картона; кроме того станок имеет ножной педальный пресс для прижима листа картона во время обрезания. Папшеры бывают разн. размеров—от 50×55 см до 100×140 см. Работа на папшерах производится вручную и мало производительна.

В настоящее время, с широким распространением производства однообразной массовой работы, введены в употребление роликовые К. м. (на фиг. 2—простейшая конструкция) с механическим приводом (требуемая мощность—от 0,5 до 1,0 HP). Такие машины состоят из вращающихся около края стола двух валов с попарно расположенными мотом над другим роликовыми ножами,



Фиг. 3.

производящими подобно ножницам разрез направляемого к ним по столу листа картона. Ролики м. б. установлены на любом расстоянии друг от друга, для резки картона на полосы любой ширины.

Различные модели машины этого типа применяются преимущественно в картонажном производстве (см.). Более сложная модель приведена на фиг. 3. На чугунной балке установлены передвижные аппараты, снабженные роликовыми ножами, к-рым соответствуют помещенные на нижнем валу муфты; последние вместе с роликками разрезают картон подобно ножницам. Тут же м. б. и другие фасонные стальные ролики разных видов, которые производят на картоне неполный надрез, облегчающий последующий сгиб картона, либо одну или несколько складок для той же цели или для украшения изделий; складки эти м. б. лишь загла-

жены (Blindlinien) или покрыты краской. В общем эта конструкция представляет собой комбинированную, очень сложную универсальную машину, обслуживающую все виды обработки картона. Картон на этих машинах можно резать по желанию на очень узкие полосы, причем перестановка аппаратов механизирована так, что в течение 1 минуты м. б. переставлена на другой размер вся система (до 25 аппаратов). К К. м. могут быть отнесены и небольшие аппараты с ручным или электромоторным приводом ( $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{2}$ HP) для производства косого среза (фаски) на переплетных крышках при массовых переплетных работах; такой срез можно видеть, и на переплете «Технической Энциклопедии».

С. Михайлов.

**КАРТОФЕЛКОПАТЕЛИ**, машины для выкапывания картофеля. Выборка картофеля часто производится с успехом сохой; но в тех случаях, когда клубни картофеля сидят глубоко и картофель при работе сохой перемешивается с почвой, выборка его

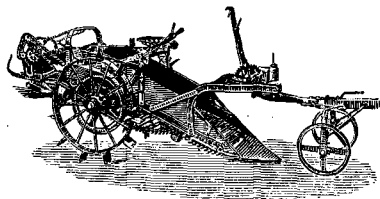


Фиг. 1.



Фиг. 2.

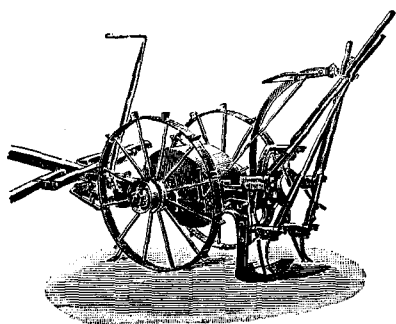
представляет большое затруднение; более успешно работают К. Наиболее просто устроен К., приспособляемый к грядилу пуга Сакка (фиг. 1); он состоит из лемеха и ряда прутьев, на которых задерживаются клубни, земля же осыпается между прутьями вниз; после прохода такого К. главная масса крупных клубней остается на поверхности; прутья К. можно переставлять сообразно размерам картофельных клубней. Для лучшего отделения клубней от земли прутья делают подвижными; так, в К. сист. Перлина и Орендорфа (фиг. 2) сзади лемеха, имеющего вид остроугольной лопаты, присоединяется шарнирная решетка а из прутьев, приводимая в сотрясение особым колесиком; выступы на колесике, при качении его по дну борозды, производят подбрасывание решетки; впереди лемеха на грядиле К. имеется крючкообразный стержень для отвода ботвы в сторону. Оба эти К. пригодны для рыхлой почвы при неглубокой заделке картофеля; на вязкой сырой



Фиг. 3.

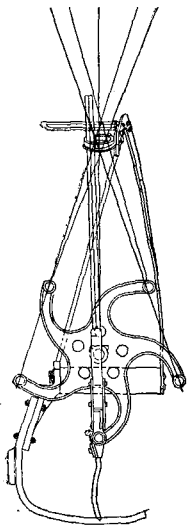
почве выделение ими клубней недостаточно хорошо, и часто пласт земли, соскользнув с прутьев, падает опять на дно борозды. Поэтому появились более сильные и тяжелые К., в к-рых пласт сотрясается особыми

приспособлениями. К. эти могут быть разделены на две группы: элеваторные и швырялки.



Фиг. 4.

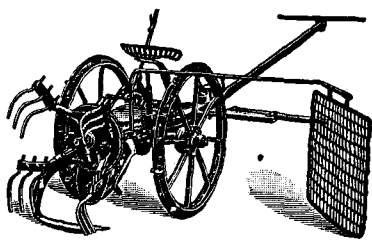
В элеваторных К. имеется бесконечное полотно, состоящее из железных прутьев (фиг. 3); гряды, подрезанная лемехом, поднимается на прутьях полотна кверху; почва в это время проваливается между прутьями, а клубни картофеля постепенно движутся кверху и затем падают сзади машины непосредственно на землю или на расположенную сзади добавочную решетку. К. опирается на два колеса, снабженные выступами-шпорами, которые служат для сцепления с почвой; от ходовых колес при помощи зубчаток передается движение к бесконечному полотну; сцепление и расцепление производятся при помощи особого рычага. Посредством другого рычага лемех устанавливается на большую или меньшую глубину. Для переаздов в поле и обратно на шпору надевают особый обрuch; К. эти снабжают двухколесным передком. Скорость движения полотна делается примерно в 1,5 раза более скорости передвижения машины вперед. Эти К. очень тяжелы и требуют запряжки от 4 до 6 лошадей. В последнее время для уменьшения тяги передвижение полотна элеватора производится при помощи особого двигателя, устанавливаемого на раме К.



Фиг. 5.

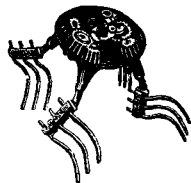
К.-швырялки имеют приспособление, состоящее из ряда вращающихся вилок, при помощи к-рых гряды, подрезанная лемехом, отбрасывается в сторону; земля при этом разбивается, и клубни картофеля, отброшенные в сторону, легко собираются с поверхности почвы; чтобы клубни отбрасывались

не очень далеко, у нек-рых К. имеется сбоку решетка, задерживающая картофель. В картофелекопателях сист. Гардера (фиг. 4 и 5) вилки снабжены деревянными ручками, входящими в кольцо; во время вращения крестовины с вилками ручки скользят в кольце и удерживают вилки в положении почти вертикальном, давая им при вхождении в гряды наклон, противоположный движению (если смотреть сзади машины, то влево); затем вилки, выбрасывая картофель, наклоняются в другую сторону и тотчас после этого принимают вертикальное положение. Наклон вилок при выбрасывании картофеля должен быть возможно меньшим, иначе картофель отлетает слишком далеко. Скорость движения вилок такова, что они полностью захватывают всю ширину гряды и даже несколько перекрывают (15%) часть гребня, захваченного ходом предыдущей вилки. Передача движения крестовине, несущей вилки, производится при помощи одной пары конических или двух пар цилиндрических и конических зубчатых колес; для изменения глубины хода лемех со стойкой можно переставлять в прорезах. Для выключения картофелекопателя лемех



Фиг. 6.

поднимают особым рычагом, причем одновременно выключается сменная муфта передачи. Недостатком К. сист. Гардера является значительное отбрасывание картофеля, сильное нагревание деревянных ручек и даже обугливание их вследствие трения при движении в кольце. В других К.-швырялках (фиг. 6) вилки делаются без ручек, и свое вертикальное положение при движении они сохраняют помощью особой передачи, состоящей из ряда планетных зубчатых колес (фиг. 7), или же посредством постановки эксцентрика на ось вращения звезды, несущей вилки, и кривошипов на оси вращения вилки (колесо Моргана). В Германии появились картофелекопатели с горизонтально вращающимся колесом из согнутых прутьев. Такое колесо не так сильно разбрасывает клубни, как вертикальное. Кроме колес в одной из систем К. завода Круппа имеется еще вертикально расположенный барабан, состоящий из прутьев. Линейные скорости движения

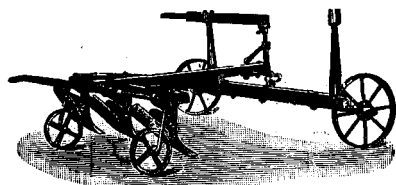


Фиг. 7.

различных элементов поверхности барабана и колеса различны, что способствует лучшему крошению гряды. К.-швырялки запрягаются 3—4 лошадыми. Недостаток их заключается в том, что рванения, наносимые клубням ударами, способствуют загниванию картофеля при хранении.

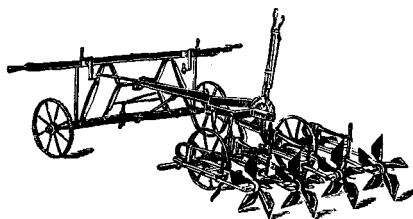
Лит.: Д е б у К. И., Орудия и машины для картофельной культуры, СПБ, 1914; К р и л ь В. А., Новое в области с.-х. машин и орудий, М.—Л., 1929; В а д ь е р К., С.-х. машины и орудия, пер. с нем., Берлин—Рига, 1923; S c h w a r z e r H., Landmaschinenkunde, 3 Aufl., В., 1927; F i s c h e r G., Die Maschinen für d. Anbau, d. Pflege u. d. Ernte d. Kartoffeln, «Arbeiten der Kartoffelbaugesellschaft», В., 1927, Н. 9. Б. Крыль.

**КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ**, машины для посадки картофеля. Посадка его до сих пор еще производится в широких размерах ручным способом. Кроме посадки под плуг



Фиг. 1.

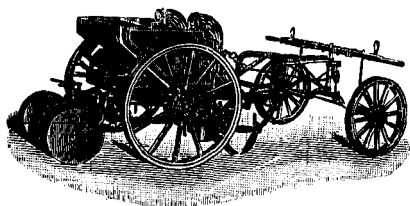
посадка руками производится под маркер (фиг. 1), которым проводят по полю ряд взаимно перпендикулярных борозд и в местах их пересечения кладут клубни, заделываемые помощью мотыги или о к у ч н и к а. Есть также особые ручные сажалки, состоящие из стержня, на конце которого прикрепляется воронка, раздвигающаяся вниз на две половины. Клубень кладут в воронку, которую ногой вдавливают в землю и затем тинут за рукоятку, раздвигающую воронку, вследствие чего клубень падает в ямку. Существуют орудия различной конструкции, делающие на поле ямки на определенном расстоянии друг от друга. Таков ямкокопатель Унтерильпа (фиг. 2), с остывший из расположенных звездой ложек, к-рые при вращении врезаются в почву, делают



Фиг. 2.

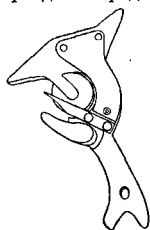
лунку и выбрасывают почву; последняя, частично сыпаясь обратно в лунку, создает верхний слой для клубня. Затем в эти лунки вручную укладывают клубни картофеля, заделываемые окучником или особыми лопками (или дисками, присоединяемыми к основной раме вместо системы ложек). Несовершенство этого орудия состоит в том, что работа раскладки клубней в лунки не

механизирована. Очень распространена посадка картофеля в борозду, проводимую и закрываемую плугом, но и тут раскладка клубней производится руками, причем рас-

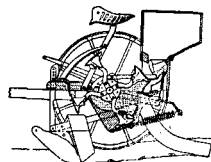


Фиг. 3.

стояние между клубнями в рядке легко может оказаться неодинаковым. Последний недостаток устраняется у современных К. приспособлением для механической посадки клубней, присоединяемым к раме двухкорпусного плуга, в к-ром вместо переднего корпуса ставится сошник с трубкой или одна трубка для закладки картофеля в борозду. Эти машины заделывают картофель одновременно с посадкой, но все же расстояние между кустами картофеля получается не вполне одинаковым вследствие того, что картофель откатывается по дну борозды вперед или в стороны. Из таких К. известны французские и американские; в них подача клубней из-



Фиг. 4.



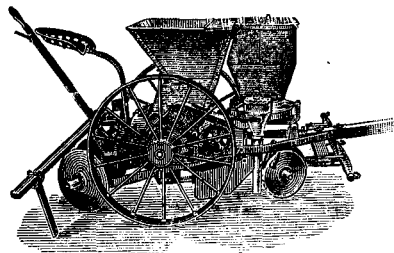
Фиг. 5.

ящика в рукав производится ручным способом рабочим, сидящим на особом сидении около ящика. За последнее время появились К. с механич. подачей картофеля, например К. системы Поуха.

Из специальных машин наиболее известна К. сист. Рисслера (фиг. 3) с выбрасывающим аппаратом, состоящим из бесконечной цепи, снабженной ложками; ложки, входя снизу в ящик, наполненный клубнями, захватывают по клубню и направляют их в рукав, по которому клубни скатываются вниз и падают в бороздку, проведенную идущим вперед сошником. Бороздка заделывается особыми, идущими сзади лещками или дисками. К. эта с передком, управляемым рулем, строится для посадки двух рядов сразу. Недостатком системы является то, что ложки иногда захватывают по два клубня, к-рые м.б. сматы при подаче в рукав, или дают пропуски, или при тряске машины сбрасывают клубень не во время. В других К. подача клубней производится особыми сжимающимися лапками, снабженными для лучшего захвата иглой, накалы-

вающей клубень; такова К. сист. Аспинваля (фиг. 4 и 5). Некоторые К. производят посадку клубней в лунки автоматически; такова машина Лессера с двумя сакальными колесами, снабженными лемешками-лопатками. Картофель здесь движется из ящика по лоткам и проходит через окна в боковинах колес к лопаткам, направляющим его в лунки; сзади идут диски для заделки. Строятся также комбинированные К., одновременно высаживающие клубни и рассеивающие удобрения (фиг. 6).

Недостатком всех К. является их малая производительность—около 2 га в день, а также неравномерность посадки, дающая



Фиг. 6.

иногда настолько значительный процент пропусков, что применение К. может оказаться экономически мало выгодным. **Б. Нирль.**

Лит.: см. Картофелькопательи.

**КАРТОФЕЛЬ**, *Solanum tuberosum* L., растение из семейства пасленовых (*Solanaceae*), возделываемое ради подземных клубней, служащих пищевым и кормовым продуктом и промышленным сырьем.

С ботанической точки зрения К.— травянистый куст с прерванно-перисто-перистыми листьями, покрытый короткими волосками. Цветы К. правильные, пятирельные, обоеполые, с зеленой чашечкой, остающейся при плоде, белым или б. или м. окрашенным венчиком и верхней завязью, образующей двухгнездную зеленоватую ягоду, иногда с фиолетовым оттенком; в ягоде находятся мелкие семена. Под землей куст К. помимо корней образует видоизмененные стеблевые побеги (столоны) с утолщениями—клубнями, на к-рых по спирали расположены глазки (почки)—зародыши будущих растений.

Химический состав клубней К. в значительной мере зависит от сорта К. и условий, в-рых он развивался. В среднем клубни К. содержат: воды 75% и сухого вещества 25% (в том числе безазотных экстрактивных веществ 20,6%, белковых веществ 2,1%, клетчатки 1,1%, жиров 0,3%, золы веществ 0,95%). Безазотные экстрактивные вещества содержат 90% крахмала и в ничтожном количестве—пентозаны и сахаристые вещества. В числе азотсодержащих веществ К. содержит ядовитый гликозид—соланин: в клубнях его обычно 0,00005—0,00001%, в ботве несколько больше; при прорастании клубней содержание соланина возрастает (до 0,00005%), вследствие чего употребление в пищу такого проросшего картофеля может быть вредным.

По своему отношению к климату и почве К. мало прихотлив; его культура охватывает области с самыми различными природными условиями, начиная от 70° с. ш. Плохо удается К. в районах с большим количеством осадков, так как избыточная влажность почвы благоприятствует развитию грибных болезней К. В среднем для К. необходимы суммы темп-ры 1300—3000°, для начала его развития нужна t° по крайней мере 7—9°. Во влаге К. нуждается значительно меньше, чем зерновые хлеба; это связано с редким стоянием его и поэтому небольшой испаряющей (листовой) поверхностью на единицу площади. К. предпочитает почвы рыхлые с высокой аэрацией; он хорошо удается на супесях и легких суглинках, хуже—на тяжелых глинистых почвах. На песчаных почвах К. удается только при достаточном удобрении.

Потребность К. в питательных веществах выше, чем у зерновых хлебов; в 20 т урожая К. уносит из почвы (в кг): N—106, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—40, K<sub>2</sub>O—171, CaO—63, MgO—40. В то же время К. обладает хорошей усваивающей способностью корней и легче других растений использует запас питательных веществ из почвы. К реакции почвы К. мало чувствителен; он предпочитает чуть кислую или нейтральную реакцию, но значительно легко переносит нек-рое подкисление, хуже—подщелачивание почвы (легко поражается картофельной «паршой»).

Сорта К. группируют обычно по их назначению (столовые, кормовые и технические) и по продолжительности их вегетации (ранние, средние и поздние). От столовых сортов требуется хорошая развариваемость, приятный вкус, тонкая кожура и пр., от кормовых—высокая урожайность и средняя крахмалистость, от технических—высокая крахмалистость и низкое содержание азотных веществ и сахаров. Продолжительность вегетации у ранних сортов колеблется от 1½ до 3 мес., у средних—от 3 до 4½ мес., у поздних—от 4½ до 6 мес. При построении сортовой классификации К. систематич. признаками служат форма и размер клубней, окраска кожуры, мякоти, ростков и венчика. По окраске различают группы сортов К., указанные в табл. 1. К. отличается большим разнообразием сортов; их насчитывается несколько тысяч. Для различных районов СССР наиболее урожайными являются следующие сорта: столовые—Эпикур лучше удается в нечерноземной полосе (начиная с Мурмана) и на тяжелых почвах, Ранний розовый—в черноземной полосе и на более легких почвах, Зыч (З. и С.-З.), Снежинка (С.-В., Татареспублика); из кормовых (у нас используются и как столовые)—Крюгер (кроме крайнего С. и Ю.), Роза и Милета, Император, Смысловский, Народный (средняя полоса), Пирожок (УССР); из технических—Вольтман (на более тяжелых почвах), Силеня (на более легких почвах), Саксония, Меркер. Наиболее высокие урожаи К. получаются в Западной области, Московской и Иваново-Вознесенской промышленных областях и Центрально-Черноземной области. Продолжительность вегетации К.

Табл. 1.—Сорта картофеля по окраске венчика, ростков и клубней.

Венчик	Ростки	Клубни	Названия сортов
Белый	Неокрашенные или красноватые	Желтые	Желтая скороспелка, Снежинка, Парная корона, Гаврошек, Китайская корона и др.
То же	То же	Слабо окрашенные (тесноцветные, розовые, пестрые)	Ранний розовый, Поздний розовый, Вермонт, Белый слон, Кестерингер, Алкоголь, Эпикур и др.
То же	То же	Красные	—
То же	То же	Синие	—
То же	То же	Синие	—
Красно-фиолетовый	Красные	Желтые	Силезия, Топаз, Свистель, Зинч, Магнум бонум, Крюгер, Аза и др.
То же	То же	Красные (реже пестрые)	Вольгман, Дабер, Сансонская луковича, Бисмарк, Грация, Периковый цвет и др.
Сине-фиолетовый	Синие	Желтые	Император, Мернер, Чемпион, Виктория и др.
То же	То же	Синие	—
Синий	То же	Желтые	—
То же	То же	Синие	Синий великан

стости и склонность к грибным заболеваниям. Удобрение фосфором уничтожает эти явления. Из фосфорнокислых удобрений можно применять суперфосфат, костяную муку, томасшлак, а где позволяют почвенные условия, фосфоритовую муку. При выборе калийных удобрений надо иметь в виду, что хлориды неблагоприятно влияют на накопление крахмала; поэтому лучшим источником калия для К. является зола, а из калийных солей — высокопроцентные очищенные соли (30 и 40%), а не каинит.

При недостатке навоза встает вопрос и об азотном удобрении. Хорошей заменой навоза является зеленое удобрение (см.), кроме на песчаных почвах действует часто лучше навоза. Из минеральных азотных удобрений лучше действует на К. сернокислый аммоний. Известкование под К. не применяется, т. к. часто вызывает поражение К. паршой; в виду этого в севообороте рекомендуется вносить известь дальше от К.

возрастает к З. и сокращается к Ю., С. и В.; крахмалистость понижается к С. и возрастает к Ю.

Обработка почвы под К. заключается в достаточно глубокой (20 см) вспашке (лучше осенней). Желательно разрыхление дна борозды почвоуглубителем. Посадка картофеля в различных климатических условиях проводится различно. В районах, где мало тепла и много влаги, поверхность поля после посадки К. должна оставаться волнистой в целях наибольшего поглощения тепловых лучей. Поэтому здесь посадка картофеля производится под соху или под окурник; борозды наносятся маркером. В районах, где осадков мало, но много тепла, напротив, стремятся создать ровную поверхность поля; поэтому здесь посадка будет лучше под плуг или лопату. Для посадки картофеля пользуются также *картофельсажалками* (см.). В случае появления корки на поле его боронуют, чтобы облегчить появление всходов К. Дальнейший уход за К. заключается в его мотыжении, полке и окуривании. В огородной культуре иногда применяют особые способы посадки К. в целях повышения урожайности каждого отдельного куста путем стимулирования развития столонов (способы Михайлова, Гюлиха, Пинто, Бейера и др.).

Из удобрений наиболее часто вносят под картофель навоз (лучше с осени), но нужно иметь в виду, что соотношение между количествами N, с одной стороны, и K и P, с другой, в навозе несколько иное, чем требуется для К. (в навозе относительно больше азота); поэтому к навозу полезно дополнительно вносить фосфорнокислые и калийные удобрения, чтобы избежать влияния одно-стороннего азотного питания, вызывающего буйный рост ботвы, понижение крахмали-

Место К. в севообороте чаще всего после озимого, идущего по удобреному пару. Если К. отодвигается дальше от удобреного пара, необходимо дополнительное внесение удобрений непосредственно под него (в интенсивных хозяйствах это делается при любом положении К. в севообороте). После К. поле остается чистым от сорных трав, в виду чего К. — хороший предшественник для яровых. Возможно помещение К. первым растением по навозу в качестве предшественника озимых (картофельный пар). Для этой цели пригодны только ранние сорта К. Убираемый на пару ранее обычного К. плохо переносит хранение и д. б. использован немедленно. Картофельные пары применяются гл. обр. в пригородных культурах.

В огородной культуре пользуются обычно столовыми сортами К., причем практикуется как грунтовая, так и парниковая культура его. Вследствие более тщательной обработки почвы, лучшего удобрения и ухода, К. на огороде обычно дает более высокие урожаи, чем в поле, и часто включает в огородный плодосмен.

Уборка К. производится или вручную (вилами) или при помощи сохи, плуга, *картофелькопателя* (см.).

Из болезней К. наиболее распространена картофельная гниль — поражение ботвы и клубней К. грибом *Phytophthora infestans* D. В. От этой болезни ботва К. вянет, сохнет, вследствие чего понижается урожай клубней. Зараженные клубни при хранении загнивают. Гибель К. в поле и при хранении от этой болезни в нек-рых районах доходит до 60%. Меры борьбы: подбор сортов, устойчивых против болезни (Вольгман, Всегда хороший, Эпикур и др.), опрыскивание ботвы К. бордоской жидкостью и другими фугицидами, отделение при уборке ботвы





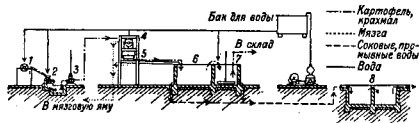
отчет крахмала. Чаще всего пользуются весами Реймана (фиг. 4); это десятичные весы, на одном плече коромысла которых подвешены одна под другой две провололочные корзины. Сначала взвешивают 10 кг в верхней корзине, а затем клубни перекладывают в нижнюю корзину, погруженную в сосуд с водой. По разности в весе определяется удельный вес К. В весах Парова отвешивание К. производят передвижным грузом без разновесов.



Фиг. 4.

Используется К. самым разнообразным образом. Он является одним из основных продуктов питания человека и в то же время хорошим кормом для скота. Неудобство перевозки, особенно на дальние расстояния, и высокие потери при хранении заставляют прибегать к сушке К. (огневой или паровой). При огневой сушке клубни очищают и режут мелкими кусками, к-рые и сушатся на ситах (см. Сушка плодов и овощей); при паровой сушке К. разваривают и очищают от кожуры, после чего он в виде мязи поступает на валцы, обогреваемые изнутри горячим паром. После высухания слой К. соскабливают с валцов и затем или измельчают на мелкие куски, хлопья К., или размалывают на картофельную муку. Сушенный К. используется с успехом и как пищевой и как кормовой продукт; он весит в 4 раза меньше, чем несущенный К. и не испытывает потерь при хранении.

При переработке К. на з-дах из него получают ряд продуктов: крахмал, патоку, декстрин, спирт и др. Производство крахмала (схема на фиг. 5) состоит из



Фиг. 5.

ряда отдельных процессов. Сначала К. моется (1), затем растрясается в мязгу (2), поступающую на сита (4, 5), иногда при помощи особого насоса (3). На ситах мязга К. промывается водой, вымывающей из нее крахмал. Взвешенный в воде крахмал отстаивается в особых чанах (6 и 7), снабженных мешалками. После спуска воды крахмал извлекается и поступает в сушку. Для получения более чистого крахмала его очищают на особых центрифугах. Получаемые при производстве крахмала отбросы (мязга и отстоянная вода) м. б. использованы: мязга — на корм скоту непосредственно или в силосованном виде, отстоянная вода — на удобрение; при этом ее часто еще раз пропускают через чаны (8) для отстаивания остатков крахмала. Самый крахмал поступает в продажу или в виде мелких кусков или размолотый на муку. Используется крахмал как пищевой продукт, а также для варки клейстера и других технич. произ-

водств. К крахмальным заводам часто присоединяют установки для дальнейшей переработки крахмала: 1) на *декстрин* (см.) — термическим способом (действием высоких  $t^{\circ}$ ), обычно применяемых в СССР, или химическим (действием к-ты); 2) на *патоку* (см.) — осахариванием крахмала нагретой разведенной серной кислотой; 3) на искусственное саго — путем протирки крахмала через сито, прокатывания полученного материала в роликовом барабане, сортирования его, залаживания и сушки. Такая саговая крупа готовится у нас гл. обр. в Ярославском округе.

Помимо крахмального производства К. используется также для *винокурения* (см.). Получаемый при винокурении отброс — барда — используется как кормовое средство. В СССР переработка К. производится в большом количестве на кооперативных з-дах, к-рые играют большую роль в индустриализации сельского хозяйства.

Картофельная кооперация объединяет у нас мелких производителей К. по линии как сбыта, так и переработки К. Низовые ячейки картофельной кооперации имеют свой центр — Союзкартофель (организован в 1922 г.). О росте этой организации можно судить по следующим цифрам:

	1922 г.	1928 г.
Низовые товарищества . . . . .	58	125
Объединяемые ими члены . . . . .	17 тыс.	65 тыс.
Заводы для выработки крахмала, патоки и пр. . . . .	35	246
Винокуренные з-ды . . . . .	—	18

С 1927 г. Союзкартофель производит экспорт своих продуктов за границу.

Мировой сбор К. (среднее за 1926—28 гг.) превышает 160 млн. т, причем свыше 90% этого количества приходится на Европу. Приводим данные о валовом сборе К. в различных странах (1927 г.) в млн. т:

СССР (европ. и азиатской части) . . . . .	50,1	Бельгия . . . . .	3,0
Германия . . . . .	38,0	Голландия . . . . .	2,4
Польша . . . . .	30,4	Австрия . . . . .	2,3
Франция . . . . .	17,1	Канада . . . . .	2,2
США . . . . .	10,9	Италия . . . . .	1,9
Чехо-Словакия . . . . .	7,7	Венгрия . . . . .	1,8
Испания . . . . .	3,5	Швеция . . . . .	1,3
Англия . . . . .	3,1	Япония . . . . .	1,0

Урожайность картофеля в различных странах видна из табл. 3.

Табл. 3.—Средняя урожайность картофеля за 1924—27 гг.

Страны	Урожай в ц с га	Страны	Урожай в ц с га
Бельгия . . . . .	185,3	Литва . . . . .	98,0
Голландия . . . . .	167,5	Япония . . . . .	97,4
Норвегия . . . . .	160,8	Испания . . . . .	96,6
Англия . . . . .	144,3	СССР (азиатская часть) . . . . .	89,7
Н. Зеландия . . . . .	142,7	Румыния . . . . .	89,4
Швейцария . . . . .	138,6	СССР (европейская часть) . . . . .	83,0
Германия . . . . .	131,2	США . . . . .	77,0
Дания . . . . .	127,5	Венгрия . . . . .	74,2
Польша . . . . .	117,5	Аргентина . . . . .	66,4
Чили . . . . .	108,0	Италия . . . . .	59,9
Эстония . . . . .	106,7	Австралия . . . . .	58,8
Швеция . . . . .	104,8	Корея . . . . .	56,8
Чехо-Словакия . . . . .	104,4	Югославия . . . . .	47,5
Австрия . . . . .	104,4	Болгария . . . . .	45,5
Финляндия . . . . .	103,7	Алжир . . . . .	38,2
Латвия . . . . .	100,2	Тунис . . . . .	36,6
Канада . . . . .	98,5		
Франция . . . . .	98,4		

К. используется гл. обр. в тех странах, где он производится; в международной торговле он в переработанном виде занимает ничтожное место. Доходность К. с единицы площади выше, чем для зерновых культур; поэтому площадь под К. с интенсификацией хозяйства обычно возрастает.

**Лит.**: И р я н и ш н и о в Н. Д., Частное земледелие. Растения полевой культуры, 7 изд., М.—Л., 1929; Б у д р и н Б. В., Частное земледелие, г. 2.—Полноедство, 2 изд., М.—Л., 1928; Р ы т о в М., Частное огородничество, М., 1927; Г о в а р о в с к и е л. Д., П. С. Петрова и Ф. Перенинина, т. 4, М.—Л., 1929; Б о г д а н о в С. М., Возделывание картофеля, СПБ, 1903; В е р н е р Г., Культура картофеля, пер. с нем., М., 1913; К р а и н с к и й С. В., Огородная культура картофеля, М., 1924; Х а р ч е н к о В. А., Картофель, М., 1919; Л о р х А. Г. и М и р а з о в Г. М., Картофель в нечерноземной полосе, М.—Л., 1925; Л о р х А. Г., Улучшение картофеля, Москва, 1924; е т о ж е, Выбор сортов картофеля, М., 1923; Б у н д а с о в Д., Сорта картофеля и их классификация, «Труды по прикладной ботанике», II, 1923, т. 13; е т о ж е, Картофель (сортоведение и селекция), там же, 1925, т. 15; Ч у ч у л а А. А. и М и р а з о в Г. М., Культура картофеля, Москва, 1929; К р а и н с к и й С. К., Огородная культура картофеля, 3 изд., Москва, 1924; К у л и н и н а И. С., Как быстро размножить новые сорта картофеля, «Труды Носовской сел.-хоз. опытной станции», Киев, 1924, вып. 39; П у н к а р е в Н. И., Определение крахмала в картофеле по удельн. весу, Родослов и др., 1925; Б у р о в С. и И д м и н н а К., Болезни картофеля, М.—Л., 1927; Я ч е в с к и й А. А., Болезни вырождения картофеля, М.—Л., 1928; А п п е л ь О., О хранении картофеля, Казань, 1909; П а р о в Е., Сушка картофеля, Петроград, 1923; Б о б о н и Н. К., Производство картофельного крахмала, М., 1925; М е р е ж а л о в А. Ф., Картофельная кооперация, Москва, 1929; G i r a r d A., Recherches sur la culture de la pomme de terre industrielle et fouragère, Paris, 1900; H i t i e r, Plantes sarclées, Paris, 1915; A r p e l O., Pflanzkartoffel, Landwirtschaftliche Hefte, hrsg. v. L. Kiessling, N. 35, 2 Aufl., В., 1924; К е м у Т h., Kartoffelbau, 2 Aufl., В., 1928; M o t t e t, La pomme de terre, P., 1920; А р р е l O., Kartoffelkrankheiten, Pareys, Facharbeiten, Berlin, 1924; О в е р м а н К., Der Kartoffelbau, Handbuch, Landwirtschaftl. hrsg. v. F. Aereboe, J. Hansen, Th. Roemer, В. 3, Berlin, 1928; «The Potato News», Wash.; «Die Kartoffel», В. Н. Соколов.

**КАРТОЧНАЯ СИСТЕМА.** Под К. с. регистрации и учета в практике понимается обычно регистрация или описание предметов, лиц и различных фактов на нескрепленных между собой таблицах-карточках.

Прообразом карточки следует считать глиняные таблички вавилонян, бронзовые и деревянные наводненные дощечки древних греков и римлян, применявшие эти дощечки для целей учета и контроля. Наводненные деревянные дощечки употреблялись на некоторых существовавших с древних времен промыслах (солеварни в Галле) до 18 в. В конце 18 в. аббат Розье предложил вести на карточках библиотечные каталоги. Позднее другие авторы рекомендовали применение карточек в разных областях управления: например в 1839 году Кинг предложил применять К. с. в счетоводстве. Основателем карточки новой формы был американец Ф. Макей, взявший на нее патент в Германии в 1899 году. Карточки в виду «присущих им удобств постепенно внедрились в практику администрирования и учета. В начале 20 в. карточки получили широкое распространение в деловой жизни предприятий всех стран.

Наиболее употребительны карточки двух родов: разделительные (указатели) и регистрационные. Обычно карточка, как совокупность однородных карточек, имеет карточки обоих указанных видов: необходимые записи производятся на карточках регистрационных, а карточки-указатели разделяют карточку на ряд необходимых разделов. Типичным представителем картотеки с преобладанием карточек-указателей является ящик или карточка сроков. Карточка сроков представляет собой небольшой ящик, в котором помещены листы карточки-разделители

с обозначением на особых выступах чисел месяца от 1 до 31 и названиями месяцев—январь, февраль и т. д. Иногда открывают специальное отделение с названиями дней недели. На всех указанных карточках записей не делается: они служат для образования отделений, в к-рые откладываются регистрационные карточки, справки или деловые письма. Каждая регистрационная карточка или справка поступает в то или другое отделение в зависимости от срока, в к-рый следует иметь наблюдение за записанным в ней явлением. В необходимые сроки или по мере надобности просмотром соответствующего отделения легко определяются назначенные к исполнению на данный срок дела. Наблюдение за одним и тем же явлением посредством подобного устройства получило название с и с т е м ы п р е с л е д о в а н и я. В условиях частнохозяйственной конкуренции, где немаловажную роль в сбыте имеет реклама, систематич. преследование покупателя предложениями и напоминаниями о них посредством указанной системы оказалось весьма удобным. Не менее удобна подобная система для всех лиц, имеющих надобность всегда знать, в какое время и что нужно сделать, кому и о чем напомнить, о чем распорядиться. Примерно такое же устройство с расположением карточек-указателей по другим различным признакам можно организовать для постоянной систематизации того или другого материала.

Карточки регистрационные употребляются для различных целей технического, оперативного и бухгалтерского учета. По содержанию, к-рое предположено вносить в карточки, они разделяются на сложные (групповые) и простые или индивидуальные, регистрирующие лишь одно явление или один предмет. Наибольшей гибкостью при систематизации обладает последняя карточка, но первая компактнее и удобнее в некоторых других отношениях.

По форме карточки бывают пустографки и карточки типизированные. Пустографки предназначаются для записи в них операций различных типов, предусмотреть детали которых не представляется возможным или необходимым. Типизированные карточки и, наоборот, предназначаются исключительно для регистрации повторяющихся явлений вполне определенных типов (напр. учет простоев из-за остановки машин, из-за ремонта, вследствие недостатка материалов). Последние карточки разрабатываются т. о., что все элементы учета, которые м. б. предусмотрены, заранее печатаются на карточке; поэтому записи в типизированную карточку состоят из крайне несложных отметок, характерных лишь для одного явления, и сокращаются до минимума.

Опытном многих лиц найдено, что общие всем карточкам элементы следует располагать всегда в определенном месте: названия карточки в правом нижнем углу, наименования предприятий в нижнем левом углу. Нельзя помещать эти данные сверху карточки; здесь следует помещать более важные в справочном отношении данные. Считается одинаково неудобным строить карточки очень малого и очень большого размеров. В настоящее время обязательно соблюдение

след. установленных стандартов: 74 × 105 мм, 105 × 148 мм, 148 × 210 мм и 210 × 297 мм. Применительно к указанным размерам выработаны и распространяются образцы стандартной мебели: карточки, столы с выдвижными карточками и шкафы. Карточечные ящики иногда имеют специальные устройства—круглые или плоские стержни, к-рыми скрепляются карточки. В этом случае карточки можно изъять из карточек, открыв указанное скрепление. Карточки одной и той же группы зашифровываются буквенными, цифровыми или смешанными символами. Карточки располагаются в ящиках по различным признакам. Наиболее употребительны: 1) алфавитное, 2) географическое, 3) нумерационное, порядковое, 4) десятичное и 5) смешанное расположение карточек. Карточки могут иметь цветové отличия, к-рые осуществляются или печатанием карточек на картоне разных цветов или же посредством наложения цветных полос лишь по верху карточек. Каждый раздел карточки разделяется карточкой-указателем или специальными приспособлениями, так называемыми **и н д и к а т о р а м и**.

Индикаторы (рейтеры, наездники)—металлические фигуры, надеваемые на верхний край карточки. На них пишется шифр того или другого раздела. Индикаторы самых малых размеров употребляются для разного рода отметок. Для деления отделов на более мелкие группы применяются средние индикаторы или выступы, или же вырезы на карточках. Иногда применяются одновременно и вырезы и выступы, причем насчитывается несколько способов употребления выступов и вырезов. Все указанные приспособления имеют целью быстро определять, находятся ли карточки на своих местах и быстро отыскивать необходимую карточку среди других. Когда карточку берут из карточки надолго, на ее место ставят карточку, бросающуюся в глаза специальным выступом и цветом. Это—карточка-заместитель.

Практик. применение карточек особенно расширилось в военные и послевоенные годы, когда в целом ряде государств специальными актами было разрешено употреблять карточки даже в тех областях хозяйственного управления, где записи имеют юридически силу доказательств. В СССР введение карточек в практик. торгов.-промышленных предприятий (не ниже определенных разрядов) разрешено постановлением Совнаркома СССР от 9 ноября 1926 г.; при этом введение карточного учета обусловлено обязательным сохранением книг кассовой, балансовой, книги регистрации месячных остатков по каждому лицевому счету расчетных счетов. Кроме этих книг, обязательной книгой является реестр, по к-рому получает свой номер каждая регистрационная карточка. Реестр содержит графы для расписок в получении карточек должностными лицами для их ведения и хранения. Законодательство в данном случае предусматривает как обязательные для ведения лишь синтетич. и контрольного значения книги. В отношении же всего аналитич. учета законодательство предоставляет полную возможность осуществлять

карточные системы. Т. о. идя навстречу требованиям жизни, законодательство расширило область применения карточек и официально повлияло на взгляды нек-рых лиц, не желавших видеть явных преимуществ карточки перед переплетенной книгой. Преимущества карточки перед книгой, по определению С. В. Мнюха, состоят в следующем: а) р т о к а а) облегчает разделение труда; б) облегчает классификацию материала; в) позволяет уменьшить до минимума переписывание; г) устраняет возможность ошибки при переписке; д) облегчает отыскание нужного счета; е) позволяет заменить писание от руки работой на пишущей машинке; ж) позволяет отделять живые счета от мертвых, мешающих работе; з) собирает в одном месте счет, разбросанный в разных местах по книге или книгам; и) дает возможность пользоваться текстом записи, отпечатанным в типографии; к) занимает меньше места, легче и подвижнее, чем книга; л) приносит экономии сил, времени и затрат. С другой стороны, к н и г а а) не дает такой легкой возможности злоупотребления, как карточка; б) не так легко теряется; в) обладает большей прочностью и сохранностью, чем карточка, подверженная более быстрому изнашиванию и загрязнению; г) способствует более легкой обзорности хозяйства в целом.

Современные конструкции стремятся ослабить отрицательные стороны карточек и развить в еще большей степени их положительные свойства. Так, более совершенные К. с. уже не довольствуются краткой записью в типизированную карточку, а стремятся посредством копирования осуществлять запись одновременно с первой и на другие бланки (немецкая контролльр. бухгалтерия и др.). Мало того, в нек-рых случаях карточки изготовляются из обыкновенной писчей бумаги, что конечно удешевляет всю К. с. Подобные мягкие карточки употребляются в копировальных К. с. (тейлорке, дефинитив, в СССР—копиручет). Карточка в этом случае почти не отличается от карточки из твердых карточек; разница лишь в том, что в карточке из мягких карточек имеются упорные алюминийевые пластинки и что карточка-разделители здесь обязательны через каждые 10—20 мягких карточек.

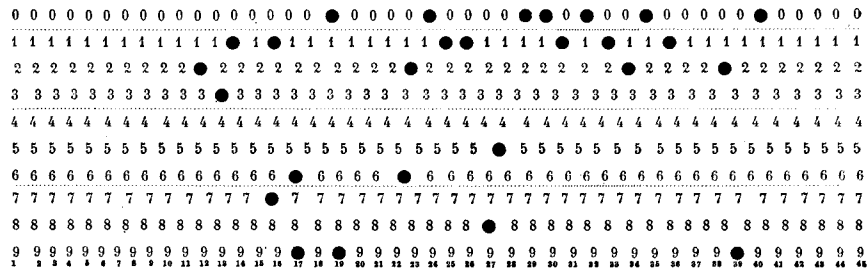
Благодаря тому что в карточке всегда хранятся лишь действующие карточки, а все мертвые изъятые, уже достигается нек-рое удобство по сравнению с книгой, содержащей в себе и мертвые счета и целый ряд совершенно чистых страниц. Однако многие из современных конструкций стремятся достичь и не меньших обзорности и удобства в подсчетах, чем это осуществлено в книгах. Такие системы носят название **н а г л я д н ы х**. В них карточки располагаются так. обр., что всегда на виду остается низ карточки (Визитблекс, Кардекс и т. д.) или верх карточки (Фарп), или же одна из сторон карточки (Рототек). На узкой остающейся всегда на виду полосе карточки сосредоточены наиболее важные в справочном отношении данные и необходимые для подсчетов цифры.

Другие конструкции стремятся механизировать отыскание и выем нужной карточки.

Уже известны картотеки, из к-рых при нажиме соответствующего рычага выскакивает необходимая карточка. Чрезвычайная подвижность карточки дала возможность механизировать одну из самых ответственных работ статистики и бухгалтерии: систематизация по тем или другим признакам м. б. произведена механически. Эта мысль в простейшем ее виде осуществлена в картотеках типа ЦИТ-Припутень. Здесь карточки имеют по сторонам несколько отверстий. Каждому отверстию придано определенное значение.

до 21 000 карточек в час, рассортировывает их на необходимые группы. Каждая из групп карточек затем подчитывается особой машиной—табулятором. Табулятор автоматически же выставляет итоги в ежедневных оборотных ведомостях.

Т. о. наличие различных систем от простых до более сложных, представляющих собою последнее слово техники, позволяет сделать необходимый выбор для ведения учета и контроля на карточках. В современных предприятиях К. с. получают все большее



Фиг. 1.

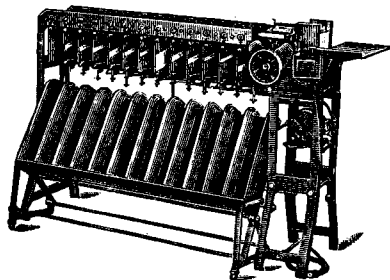
Просовывая шомпол через всю картотеку, можно отделить все карточки, имеющие указанный признак. Этот же принцип нашел свое дальнейшее развитие в приборе Финдекс, Орга-Индекс. Посредством этого прибора могут легко производиться статистич. подсчеты из большого количества карточек по многочисленным признакам.

Крайним развитием гибкости индивидуальной карточки следует признан высокомеханизированные «фабрики бухгалтерии» с применением счетно-аналит. машин Пауэрс и Голлерит. Эти машины построены по принципу разделения труда: отдельные функции выполняют перфоратор, сортировальная машина и табулятор. Здесь так же, как и в предыдущих двух системах, имеется стандартная карточка, на которой пробиваются перфоратором отверстия, каждое из которых

и большее применение: учет заказов, учет рабочей силы, учет брака, учет продукции, вся вообще бухгалтерия и регистратура переводятся на карточки. Всякая другая работа, до области техники умственного труда включительно, также рационализируется посредством применения карточек. Например выписки на карточки при чтении книг с постепенной систематизацией материала делают труд читателя наиболее продуктивным. В последнее время в этом отношении появились интересные начинания: как за границей, так и в СССР издаются картотеки по технич. и юридич. вопросам, пополняемые впоследствии выпуском карточек, содержащих описания или изложения новых фактов по данному вопросу. Имеются даже периодич. издания на карточках. Каждый лист подобного издания посвящен одному вопросу. Читатель имеет возможность строить из листов журнала карточки согласно шифру издателя или группировать листы журнала по собственной классификации.

Лит.: Шоу А., Карточная система в счетоводстве и делопроизводстве, пер. с англ., М., 1923; Мильников С. В., Карточная система учета, Л., 1926; Мануйлов М. А., Карточка торговля, М., 1926; Вейцман Н. Р., Механизация счетной работы, М., 1925; Клириков В. Н., Современные формы счетоводства, М., 1929; «Механизация учета», М., 1929; «Система и организация», М.; «Техника управления», М. Марсов.

**КАРТЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ**, уменьшенные изображения всей поверхности земли или некоторой ее части на плоскости. Т. к. сферич. поверхность земли не м. б. развернута на плоскости без складок или разрывов, то для получения таких изображений приходится прибегать к условным построениям—*картографическим проекциям* (см.). Если поверхность, которую желают изобразить, незначительна по сравнению с размерами поверхности всей земли, то ее можно



Фиг. 2.

соответствует той или иной цифре даты, шифра операции, № корреспондента или валюты операции (фиг. 1). Обработанные т. о. карточки передаются в сортировальную машину (фиг. 2), к-рая с быстротой, доходящей

принять за плоскость и следовательно изобразить в задан. масштабе с сохранением подобия контуров, углов и площадей отдельных участков. Такое изображение называется планом. Различие между планом и картой заключается в том, что план представляет изображение незначительной части земной поверхности в постоянном масштабе, а карта—изображение в масштабе переменном. Все К. г. можно подразделить на три главных рода: а) собственно географические, б) топографические и в) морские. На географических картах представляют в сравнительно мелких масштабах целое полушарие, часть света, отдельное государство, область и т. п. На них изображают положение главнейших предметов (направления рек, горных цепей, города, главные дороги, административные границы и т. д.). Географич. карты делятся на генеральные (общие) и подробные (специальные, отличающиеся большою подробностью и точностью). Кроме того географич. карты по своему содержанию могут быть физические, на которых изображают физико-географические свойства страны, и политические, на к-рых гл. обр. показано административное деление государств, положение населенных пунктов, пути сообщения и пр.

На топографических картах изображают не только все нужные предметы в заданном масштабе, с сохранением их вида (или условными знаками), но и самый характер местности, как то: неровности рельефа, некоторые свойства почвы, а также по возможности все пути сообщения. Если при составлении карты имеется в виду изобразить с большою подробностью какие-нибудь предметы в особенности, не обращая большого внимания на остальные, то такие карты, подобно с целью своего назначения, получают и свое специальное наименование, напр. гидрографические, геологические, почвенные, этнографические, статистические, лесные, почтовые, дорожные, военные и т. д.

На морских картах изображают море с обозначением всех предметов, важных для мореплавания, как то: островов, подводных камней, мелей, промеров глубин и пр. Из предметов, находящихся на материке, помещаются лишь те, к-рые лежат близ берега и видны с моря. Эти карты, подобно географическим, делятся на генеральные и подробные (частные).

Планы сообразно их назначению подразделяются на земельно-строительные, лесные и т. п. На каждом из этих видов планов обозначают преимущественно те предметы местности, которые соответствуют данной цели; напр. на военных планах д. б. обозначены со всей отчетливостью предметы, важные в тактич. отношении, т. е. имеющие влияние на действия, движения и расположение войск.

Составлению каждой новой карты предшествует выбор ее масштаба и проекции. Масштаб карты зависит от ее назначения, желательной точности и качества имеющихся для ее составления картографич. материалов. При выборе же проекции принимается во внимание, для какой именно надобно-

сти она составляется. При составлении карты сначала вычисляют, а затем наносят на бумагу картографич. сетку. За средний меридиан проекции обыкновенно принимается средний меридиан изображаемой территории, к-рый и располагается по середине листа так, чтобы выс сетка получилась симметричной. По вычерчивании сетки на нее наносят опорные геодезич. и астрономич. пункты и только после этого приступают к заполнению сетки картографич. материалами, опираясь на нанесенные уже пункты. Картографич. материалами в зависимости от масштаба карты могут служить: а) инструментальные съемки, б) готовые карты более крупных масштабов, в) глазомерные съемки, г) маршруты и кроки, д) описания. Лучшими материалами являются планшеты инструментальной съемки и планшеты-фотопланы аэросъемки, основанных на тригонометрич. или астрономич. пунктах. Одно из первых условий, предъявляемых к К. г.—ясность и выразительность; переполнение ее подробностями за счет этих двух условий составляет не достоинство, а, наоборот—ущерб. Раньше за границей и у нас съемочные планшеты представляли правильные квадраты, в настоящее же время каждый планшет представляет равнобедренную трапецию, ограниченную дугами меридианов и параллелей, причем на протяжении каждого отдельного планшета дуги параллелей и меридианов можно считать прямыми линиями. Рамки планшетов проводятся преимущественно через целое число минут, в зависимости от масштаба и географич. широты. Так, в северной полосе европ. части СССР для  $1/2$ -верстных планшетов меридианные рамки проводились через  $12'$ , а по широте—через  $6'$ ; для южной полосы—через  $9'$  по долготу и через  $5'$  по широте. На верстовых планшетах рамки проводились через  $15'$  по долготу и через  $10'$  по широте; на 2-верстных картах европ. части СССР—через  $27'$  по долготу и  $15'$  по широте, а для той же карты азиатской части СССР—через  $30'$  по долготу и  $20'$  по широте.

Переход к метрич. системе мер и введение в СССР международного счета долгот от Гриничского меридиана вызвали необходимость изменения масштабов съемок и карт, а равно и установления новой разбивки их. В настоящее время для съемок установлены следующие масштабы: 1 : 25 000; 1 : 50 000 и 1 : 100 000, причем основным масштабом для европ. части СССР считается 1 : 50 000, а для азиатской—1 : 50 000 или 1 : 100 000; независимо от этого для планов, предназначенных для работ по землеустройству, для межевых планов и планов городов применяются масштаб 1 : 10 000 и даже крупнее. Для карт приняты след. основные масштабы: 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000, не считая более мелких. Разбивка рамок планшетов принята с таким расчетом, чтобы в одном планшете мелкого масштаба заключалось целое число планшетов более крупного, чтобы размеры рамок допускали нанесение их на мензурную доску средних размеров и чтобы в одном географическом градусе заключалось полное и крупное число планшетов того или иного масштаба. Этим

условиям удовлетворяют следующие размеры трапеций:

	По долготе	По широте
Для масштаб. 1: 100 000 . . . . .	30'	20'
» » 1: 50 000 . . . . .	15'	10'
» » 1: 25 000 . . . . .	7,5'	5'
» » 1: 10 000 . . . . .	2,5'	2,5'

При этих размерах в одном планшете 1:100 000 масштаба помещается 4 планшета 1:50 000; в 1 планшете 1:50 000—4 планшета 1:25 000 и в 1 планшете 1:25 000—6 планшетоу 1:10 000. Для карты в масштабе 1:200 000 размеры листа установлены в 2° по долготе и 40' по широте, а для 1:1 000 000 карты размеры рамок и разбивка листов приняты установленные для международной карты того же масштаба, а именно: 6° по долготе и 4° по широте. Т. о. в одном листе 1:1 000 000 карты заключается 18 листов 1:200 000 карты, 144 листа 1:100 000 карты и 576 листов 1:50 000 карты.

Масштабы существующих планов и карт в разных государствах весьма разнообразны. Из новых карт (в метрических мерах) в СССР наиболее распространены карты следующих масштабов. 1) 100 м в 1 см (1:100 000)—землеустроительные планы, 2) 250 м в 1 см (1:250 000)—точные топографические съемки, 3) 500 м в 1 см (1:500 000)—топографич. съемки к востоку от Пулковского меридиана, 4) 1 км в 1 см (1:100 000)—карта того же района, 5) 2 км в 1 см (1:200 000)—новая карта западного пограничного пространства, 6) 10 км в 1 см (1:1 000 000)—масштаб, нomenclatura и размеры листов этой карты те же, что и для международной. Кроме того разными народными комиссариатами и учреждениями издаются специальные карты и в других масштабах.

В 1891 г., по предложению проф. Пенка, V Международный географический конгрессом в Берне было постановлено издавать международную карту в масштабе 1:1 000 000 в многогранной проекции, т. е. на отдельных листах размером 6° по долготе и 4° по широте по однообразным для всех государств условным знакам. Многие государства уже приступили к этой работе и издали несколько листов. В СССР к составлению миллионной карты приступлено в 1919 году в Военно-топографич. управлении, но по своим условным знакам, с выражением рельефа горизонталями через 5 м.

Издание карт с оригиналов, исполненных картографом, заключается в изготовлении печатных форм, т. е. клише, и в печатании с них отливок в произвольном количестве экземпляров.

Гравирование на меди. Медная доска толщиной 2½—3 мм, предназначенная для гравирования, тщательно шлифуется, а затем покрывается тонким слоем воска, для чего ее слегка подогревают и прокатывают по ней в разных направлениях ладонями рук воск в виде цилиндрика. На загрунтованную доску переносят с оригинала картографич. сетку в обратном изображении и далее в каждую клетку полученной сетки переводят последовательно все контуры карты. Для этого их осторожно процарапывают тонкой иглой на прозрачную желатиновую пластинку, наложенную на оригинал; сняв

желатину, в процарапанные места втирают цветной порошок, накладывают его лицевой стороной на восковой грунт в соответствующее место и протирают по контурам стальной пластинкой, отчего на грунте получаются все контуры в обратном виде; их процарапывают иглой сквозь воск на медь, после чего воск удаляется скипидаром. Само же гравирование производится грабритихелем, представляющим в поперечном сечении ромб, и заключается в выемке из доски тонкой ленты треугольного сечения. После награвирования всех контуров режут подлисы, затем помощью рулеток наносят условные знаки местных предметов и наконец гравируют рельеф. По окончании гравировки получаются неровные края вырезок, которые сглаживают сначала шабером, а затем куском березового угля, смоченного маслом. Печатание с медных гравюр производится на особых медно-печатных станках, главную часть к-рых составляют два вала, вращаемые при помощи системы зубчатых колес. Доска с втертой в гравюру печатной краской и наложенной на нее слегка влажной бумагой пропускается между валами станка под известным давлением, отчего и получается оттиск. Обычно в один день снимают ок. 100 отливок, а доска дает 3—4 тысячи хороших отливок, после чего изнашивается.

Гелиографюра. Т. к. гравирование исполняется медленно и гравюры обходятся дорого, то для сохранения оригинальных досок печатание производится не с них, а с гелиографических копий. Для получения гелиографюры прежде всего готовят позитивный рисунок на желатине, для чего на лист бумаги с загнутыми краями наливают жидкую желатину, смешанную с сажой; когда желатиновая пленка высохнет, ее погружают в раствор двуххромовокалиевой соли и туда же опускают стеклянную пластинку, на которой бумага, вынутая вместе с пластинкой, расплавляется. Затем бумага с приготовленной желатиновой пленкой кладется в печатную раму под негатив на стекле. В этой раме от действия света под прозрачными линиями негатива происходит свертывание желатины, причем продолжительность экспозиции, зависящая от силы света, определяется особым фотометром. Полученный т. о. позитив слегка размачивают в воде и накладывают желатиновую поверхность на отшлифованную и высеребренную медную доску так, чтобы желатина плотно пристала к доске. Доску с приставшим к ней позитивом погружают в теплую воду (60°), отчего желатина растворяется за исключением свернувшейся под действием света, т. н. роговой, и на доске остается рельефный рисунок из этой роговой желатины. Готовую доску погружают в гальванопластик. бак и на нее наращивается слой меди; в результате получается медная доска с углубленным рисунком, годная для печатания с нее.

Гравирование на камне. Литографский камень толщиной 8—10 см перед гравированием д. б. тщательно отшлифован наждаком, а затем пемзой, после чего его покрывают густым раствором гуммарабика с примесью около 3% азотной к-ты. Через 4—5 час. камень обмывают водой, чтобы на

нем остался только тонкий слой гуммиарабика, в к-рый втирают сажу. На полученный черный грунт переводят контуры с оригинала карты таким же порядком, как и на медную доску. Гравирование производится радиальными иглами со стальными или алмазными концами. По окончании гравирования камень обливают льняным маслом, которому дают впитаться в резьбу. Перед печатанием грунт смывается водой с раствором гуммиарабика.

**Фотоальграфия.** Отшлифованную и промытую в воде тонкую алюминиевую пластину еще в мокром виде обливают светочувствительным раствором, состав которого следующий: альбумин, полученный от 1 сбитого в пену яичного белка, 145 см<sup>3</sup> воды и 4 см<sup>3</sup> насыщенного раствора двуххромового окисла аммония и аммиака; раствор употребляется по прошествии 8—12 ч. и при сохранении в прохладном и темном помещении годен в течение 10—14 суток. После обливания пластина высушивается в слабо освещенной комнате на центрифуге. Высушенная пластина накладывается светочувствительной стороной на негатив, помещенный в копировальную раму, и подвергается действию дневного или искусственного света в продолжение от  $\frac{1}{8}$  до 30 мин., в зависимости от силы света. По окончании печатания алюминиевую пластину закатывают в полуметной комнате краской (3 ч. переводной, 1 ч. литографской и несколько капель левандулового масла), а затем погружают в воду и протравляют мягким тампоном из ваты. Светочувствительный раствор, закрепленный светом под прозрачными местами негатива, делается нерастворимым в воде и удерживается с краской на алюминиевой пластине, а под непрозрачными частями негатива светочувствительный раствор, как не потерпевший изменений, растворяется в воде и уходит с собой краску. В результате получается красочный рисунок по чистому алюминию. Проявленную т. о. пластину споласкивают водой, высушивают, протравляют, и клише готово к печати с него.

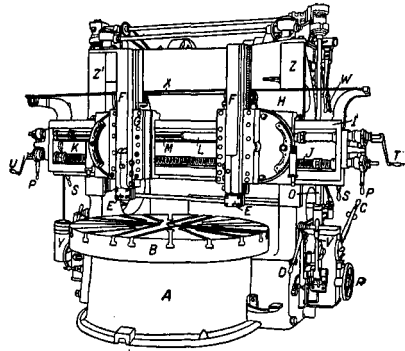
Печатание карт производится на литографских скоропечатных машинах (см. *Литография*) с камней, на которые предварительно делают переводы с клише. Одними из новейших и совершенных машин являются офсет-машины, печатающие не с камня, а с тонкого цинкового клише в одну, две и больше красок. Но для печати на этой машине надо иметь клише не с обратным изображением, как при обыкновенных (плоских) машинах, а с прямым. Для издания многокрасочных копий необходимо изготовить оригиналы и клише для каждой краски отдельно.

*Лит.: В и т к о в с к и й В. В.,* Топография, 3 издание, Москва, 1929; *З о н д е р а н Г.,* Географическая карта, ее история, составление, воспроизведение, СПб., 1909; *Р о д е Г. Дж.,* Литографское искусство, перевод с англ., Л., 1928; *А н и с и м о в В.,* Гравирование цветных офортов и астампов, П., 1922; *А р т а м о н о в Н. Д.,* Репродукционная фотография, СПб., 1911; *А у з а н А. И.,* Краткий доклад о работах Корпуса военных топографов, представленный в Межведомственную комиссию при Академии наук в 1917 г., М., 1919. **В. Нимфорова.**

**КАРУСЕЛЬНЫЕ СТАНКИ,** вертикальные токарные станки, применяемые для обточки и расточки маховиков, шкивов, шестерен,

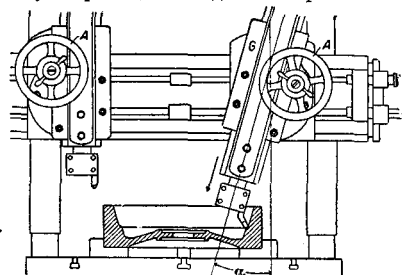
фланцев, поршней, барабанов и т. п. предметов, диаметр к-рых, вообще говоря, больше длины обрабатываемой.

Конструкцию современных К. с. поясняет фиг. 1. Цилиндрич. полая станина *A* снабжена в своей верхней части кольцевой направляющей, служащей опорой для планшайбы



Фиг. 1.

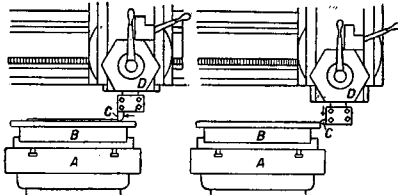
*B.* Планшайба, насаженная на вертикальный шпиндель, находящийся внутри станины, приводится во вращение посредством привернутого к ней снизу зубчатого колеса, находящегося в зацеплении с конич. шестерней (не показана на чертеже). Последняя сидит на валу, получающем вращение непосредственно или при помощи коробки скоростей от ступенчатого шкива, расположенного позади станка. Для включения или выключения коробки скоростей имеется рукоятка *C*, рукоятки же *D* (с обеих сторон) служат для пуска в ход или останова станка. Обрабатываемый предмет устанавливается на означенной планшайбе, закрепляется и обтачивается резцами, зажатými в головках *E*. Головки *E* сидят на ползунах *F*, к-рые могут перемещаться в вертикальном направлении по направляющим *G* суппортов *H*, установленных на поперечине *I*. Супорты *H* могут перемещаться вдоль поперечины *I* в



Фиг. 2.

горизонтальном направлении. Подача резцов как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях может производиться механическим путем или от руки. При обточке плоскостей, параллельных планшайбе, су-

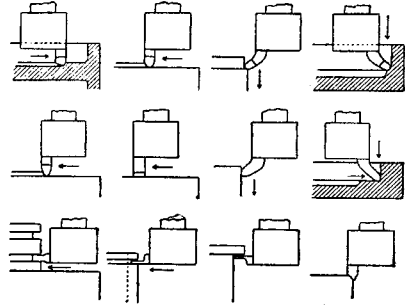
порт (один или оба) вместе с резовыми головками *E* перемещается в горизонтальном направлении вдоль поперечины при помощи соответственных ходовых винтов *J* и *K*, при обточке же (или расточке) цилиндрич. поверхностей головки со своими ползаунами перемещаются вертикально в своих салазках при помощи соответственных валиков *L* и *M*. Т. к. для каждой головки имеются отдельные ходовой винт и валик, то эти головки могут перемещаться независимо одна от другой. От главного ступенчатого шкива получают вращение вертикальные валы *O* (с обеих сторон станка), передающие вращение упомянутым выше ходовым винтам и валикам при помощи конич. зубчатых передач у обоих концов поперечины. Включение той или другой вертикальной или горизонтальной подачи производится при помощи рукояток *P*. Величина подачи (на 1 оборот планшайбы) устанавливается помощью маховичков *R* (по одному для каждой резов. головки). Рукоятки *S* с обеих сторон станка служат для перемены направления горизонтальных и вертикальных подач той или другой резов. головки, а рукоятки *T* и *U*—для горизонтального и вертикального передвижения этих головок от руки при установке резов в начале работы. У станков других конструкций вертикальное перемещение головок от руки производится при помощи маховичков *A* (фиг. 2). Для более



Фиг. 2.

быстрой установки резов *K. c.* современной конструкции снабжаются рукоятками *V* (фиг. 1), при помощи к-рых механич. подачи автоматически выключаются, после чего каретки с резовыми головками *м. б.* быстро передвинуты в требуемое положение. Для облегчения подъема ползунов *F* последние соединяются с цепью или стальным канатом *X*, с подвешенным на конце грузом *V*. Поперечина может подниматься и опускаться по вертикальным направляющим боковых стоек *Z* и *Z'* при помощи передачи, к-рая включается поворотом рукоятки *W*. Обычно поперечина закреплена наглухо на боковых стойках болтами, которые отпускаются перед каждой новой перестановкой ее и затем снова закрепляются. Почти все современные *K. c.* крупных и средних размеров снабжаются двумя резовыми головками, одна из которых делается часто в виде револьверной головки приблизительно такого же устройства, как у револьверных станков (фиг. 3 и 6). Для точки на конус направляющие *G* могут быть повернуты на требуемый угол *a* (фиг. 2); для отсчета угла поворота каретки снабжаются шкалой с делениями. Для обточки сферич. поверхностей (напр. вышук-

лых ободов шкивов и т. п.) *K. c.* снабжают иногда особым приспособлением, при помощи которого резец при его поступательном движении вниз имеет боковую подачу, пока

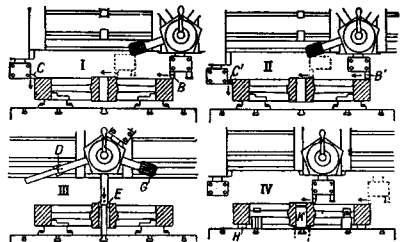


Фиг. 4.

он не дойдет до середины обода, после чего боковая подача совершается в обратную сторону [2].

На фиг. 3 показана схематически обточка плоскости, параллельной планшайбе (слева), и цилиндрич. поверхности (справа): *A* представляет собою планшайбу, *B*—обрабатываемый предмет. В первом случае резец *C*, закрепленный в револьверной головке *D*, движется в горизонтальном направлении, во втором случае резец, установленный горизонтально в державке, перемещается в вертикальном направлении. Различные типы резов и способы их применения для *K. c.* показаны на фиг. 4.

Пример типичной работы, выполняемой на *K. c.* (обточка и расточка маховика), представлен схематически на фиг. 5. Обод маховика зажат с внутренней стороны четырьмя кулачками, и обработка его производится одной простой резов. головкой (слева) и одной револьверной (справа). В операции I резец *B* (в револьверной головке) производит обдирку торцевой стороны обода, в то время как резец *C* (в простой головке) выполняет ту же работу по отношению к цилиндрич. поверхности последнего. После того как резец *B* пройдет торцевую сторону



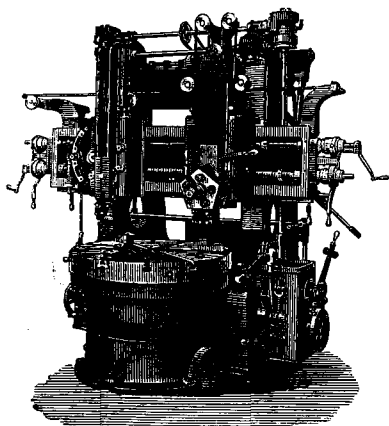
Фиг. 5.

обода, его переставляют в положение, показанное пунктиром, для обдирки торцевой стороны ступицы. Операция II состоит в обточке начисто тех же поверхностей резаками *C'* и *B'*, из к-рых последний переставляется



затем в положение, показанное пунктиром, для обточки начисто торца ступицы. Подача резцов д. б. при этом соответственно изменена. После этого иногда протачивают соответствующими резцами внутреннюю цилиндрическую поверхность обода и наружную цилиндрич. поверхность ступицы на длину примерно до спиц. Операция III заключается в расточке отверстия при помощи револьверной головки. Твердая корка (получающаяся при дитье) снимается обдирочным резцом *D* (слева), расточка начисто выполняется затем резцом *E*, после чего отверстие доводится до требуемого точного диаметра разверткой *G* (справа). Скалки, несущие на себе оба означенные резца, делаются с удлиненным хвостом, входящим плотно в направляющую втулку, которая вставлена в планшайбу (не показана на фиг. 5) и служит как для удерживания скалок от дрожания, так и для сообщения им требуемого направления. После расточки ступицы маховик поворачивают обработанной торцевой стороной вниз для обработки другой торцевой стороны (операция IV). Кулачки снимаются с планшайбы, и маховик устанавливается обработанной торцевой стороной обода на подставках *H*, к к-рым он прижимается скобами (не показанными на фиг.), упирающимися в спицы; при этом маховик центруется оправкой *K*, вставленной в соответствующее отверстие планшайбы и входящей плотно в расточку ступицы. Закругления краев обода и ступицы, если они требуются, производятся в операциях II и IV при помощи специального резца.

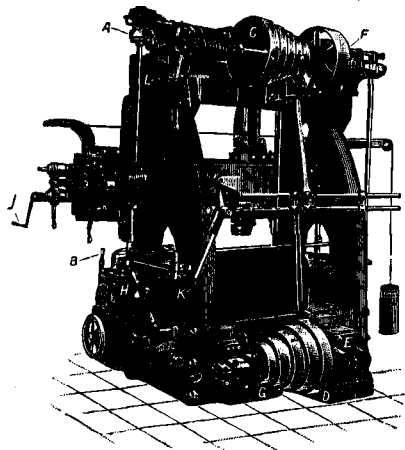
В тех случаях, когда К. с. предназначаются для обработки предметов, сильно отличающихся один от другого своими размерами (как это имеет место напр. в ремонтных мастерских или на заводах, работающих по случайным заказам), иногда пользуются К. с.



Фиг. 6.

с раздвижными боковыми станинами. Последние устанавливаются на горизонтальных полозьях, что дает возможность изменять расстояние центра планшайбы до боковых

станин и обтачивать предметы большего диаметра. Для того чтобы при таком раздвинутом положении боковых станин можно было устанавливать резец в центре планшайбы, такие К. с. снабжаются добавочной поперечной, устанавливаемой на обычной поперечине станина перпендикулярно к последней и несущей на себе собственную каретку с резцовой головкой.



Фиг. 7.

К. с. современной америк. конструкции представлен в двух видах (спереди и сзади) на фиг. 6 и 7. Он снабжен фрикционной муфтой *A* (фиг. 7), управляемой рукояткой *B*, для быстрого механич. перемещения обеих резцовых головок в любом направлении (скорость горизонтального перемещения — ок. 275 мм/мин, а вертикального или под углом — 180 мм/мин); *C* — ступенчатый шкив контрпривода, установленного на самом станке; *D* — рабочий ступенчатый шкив; *E* — коробка передач, управляемая рукояткой *H*; *F* — фрикционная муфта для останковки и пуска в ход, управляемая рукоятками (спереди станка), соединяемыми с фрикционным тормозом *G* у ступенчатого шкива *D* таким образом, что включение напр. фрикционной муфты влечет за собой выключение тормоза, и наоборот; *J* — рукоятки у обоих концов поперечины, служащие для вращения ходовых винтов и валков при вертикальной и горизонтальной подаче резцовых головок от руки, устроены так, что они тотчас же выключаются, когда с них снимают руку, и не вращаются при механич. подаче резцовых головок; *K* — рукоятка, при помощи к-рой производится перестановка ремня на ступенчатому шкиву; *L* — рукоятка для механич. поднятия и опускания поперечины.

Такие К. с. строятся для обточки предметов диаметром от 1,2 до 2,5 м, причем по требованию к ним прилагается приспособление для нарезки винтовой резьбы. Более крупные К. с. устроены приблизительно по этому же принципу, но отличаются от опи-

санного более массивной конструкции и отдельных деталями. К. с. делаются также с моторами, установленными на самом станке. Характеристика К. с. (по немецким данным) приведена в табл. 1.

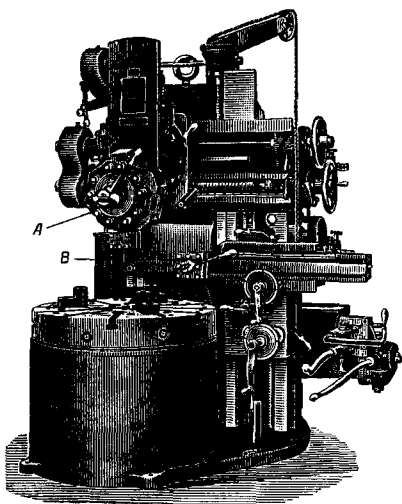
независимо одна от другой и м. б. поставлены почти рядом для одновременной обработки предметов небольших диаметров (что неосуществимо у обыкновенных К. с.). Такие К. с. строят для обработки предметов диамет-

Табл. 1.—Характеристика карусельных станков.

Наибольший диаметр обработки в мм	Наиб. высота обраб. предмета над верхним краем планшайбы в мм	Наиб. вес обрабатываемого предмета в т	Наиб. вертикал. ход реза в мм	Число оборотов планшайбы в мин.	Величина вертикал. и горизонтальн. подач в мм за один оборот планшайбы	Рекомендуемая мощность мотора в HP
1 500	1 000	6	600	1,05 — 38,0	0,4 — 16,0	15—20
2 000	1 250	12	750	0,75 — 27,0	0,4 — 16,0	18—25
3 000	1 600	18	950	0,53 — 19,0	0,4 — 25,0	22—30
4 000	2 000	30	1 200	0,38 — 13,5	0,4 — 30,0	30—40
5 000	2 400	50	1 400	0,28 — 10,0	0,4 — 30,0	38—50
6 000	2 800	75	1 600	0,215 — 7,7	0,4 — 30,0	50—68
7 000	2 800	75	1 800	0,200 — 7,2	0,4 — 30,0	50—68
8 000	3 200	110	1 800	0,16 — 5,8	0,45 — 40,0	65—90
9 000	3 200	110	1 800	0,152 — 5,5	0,45 — 40,0	65—90
10 000	3 200	110	1 800	0,145 — 5,2	0,45 — 40,0	65—90
12 000	3 500	160	2 000	0,115 — 4,1	0,5 — 50,0	90—120
14 000	4 000	200	2 250	0,100 — 3,6	0,5 — 50,0	110—140

Примечание. Меньшие мощности моторов указаны для обработки преимущественно чугуна, а большие—для обработки стали.

Особый тип К. с.—револьверный новейшей конструкции представлен на фиг. 8. Особенность его заключается в том, что у него имеется револьверная головка А на 5 резов, снабженная приспособлением для точной установки ее над центром планшайбы. Эта головка может передвигаться как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, а равно и устанавливаться под углом, подобно тому как было описано выше.



Фиг. 8.

Вторая, боковая головка В обычного типа перемещается в отдельной поперечине, могущей также передвигаться в вертикальном направлении. Обе эти головки перемещаются

ром до 1 м; потребная мощность около 15 HP. Кроме описанных выше существуют еще К. с. специальных типов, как например для обработки паровозных и вагонных колес.

Преимущества К. с. по сравнению с токарными, в частности лобовыми станками, заключаются в следующем: 1) обрабатываемый предмет м. б. легко положен на планшайбу, быстро выверен и закреплен на последней; 2) вес планшайбы и обрабатываемого предмета, а равно и давление реза, передается непосредственно большой опорной поверхности, благодаря чему достигается большая точность обработки; 3) быстрота подготовки к работе; 4) возможность снимать большую стружку благодаря большой опоре. Поверхности планшайбы. В виду этих преимуществ обработка на К. с. производится значительно быстрее, чем на токарных станках, как это видно из табл. 2.

Табл. 2.—Продуктивность работы токарного и карусельного станков.

Изделие	Время обработки (часы)		Экономия времени	
	на токарном станке	на карусельном станке	в часах	в %
Крышка цилиндра двигателя внутр. сгор. диам. 1225 мм	35	11	24	68,6
Поршень газового двигателя, диам. 1030 мм	31,5	21,5	10	31,4
Чугунный маховик, диам. 2200 мм	39	11	28	71,8
Обточка стальной шестерни, диам. 420 мм	2,5	1	1,5	60
Ж.-д. вагонное колесо	8	2	6	75
Вагонное колесо	3,2	0,5	2,7	84,4
Стальной паровоз. поршень, диам. 575 мм	3,5	1,5	2	57,1

При обработке на К. с. крупных предметов доступ к последним, а следовательно промер их, равно и удаление стружек менее удобны, чем на лобовых станках. Стоимость К. с. также значительно выше, чем лобовых станков. Однако, несмотря на сравнительно высокую стоимость, К. с. пользуются большим распространением, и область применения их все более и более расширяется. Этому в значительной степени способствуют вводимые в них за последнее время усовершенствования. Так например, в США в последнее время получают распространение многошпиндельные автоматические К. с. Принцип работы такого станка вполне сходен с таковым многошпиндельного автомата (см. *Токарные станки автоматы*) с той лишь разницей, что рабочие шпиндели располагаются не горизонтально, а вертикально.

Лит.: 1) Гавриленко А. П., Механическая технология металлов, ч. 4, вып. 3, Москва, 1925. Hütte (производственный) вып. 3, Москва, 1926; Hülle Fr. W., Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen u. der Metallbearbeitung, B. 1, 5 Aufl., B., 1926; Hülle Fr. W., Die Werkzeugmaschinen, 4 Aufl., B., 1919; «Schless-Défries-Nachrichten», Messheft 2, Düsseldorf, 1927; Franklin D. J., Turning and Boring, New York, 1915; Machinery's Encyclopedia, v. 1, p. 469—476, N. Y., 1925. В. Пальм.

**КАРЧЕПОДЪЕМНИКИ**, снаряды для захватывания и удаления со дна рек и водоемов карчей (каршей), т. е. затонувших пней с корнями, а иногда целых деревьев, упавших в воду с подмытых и обвалившихся берегов, затонувших бревен и т. п. Для захватывания карчей служат железные цепи, к-рые под карчи подвешиваются руками или при помощи железных вилок (фиг. 1), или железные стержни (винтовые болты) (винтовые болты) с проушиной на одном конце и винтовой нарезкой на другом (фиг. 2). Сначала подводят вилкой под карчу веревку, к которой привязан конец цепи, а затем за веревку притягивают цепь и поднимают карчу. Стержень же винчивается в карчу посредством рычага, продетого в проушину, а вытаскивается карча при посредстве цепи, прикрепленной к кольцевому утолщению. Когда карча захвачена цепью или канатом, ее извлекают из воды при помощи более сложных карчеподъемных снарядов или карчевницы.

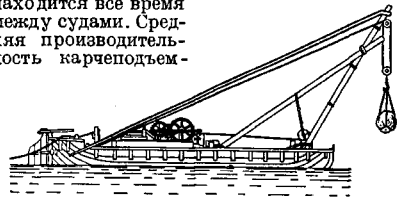
Для облегчения подъема карчей и деревьев, занесенных значительными наносами, прибегают к подрывным работам. Подъем небольших карчей производится с переносных козел при помощи блоков — обыкновенных или дифференциальных. Подъем значительного количества или объема карчей производится при помощи кранов, устанавливаемых на судах. Самый простой тип К. для подъема небольших карчей и перемещения их в подвешенном состоянии на другое место указан на фиг. 3. Носовая часть судна снабжена наклонным бревном, опирающимся на борт, а нижним концом прочно прикрепленным к кильсону, т. е. к балке, идущей вдоль судна по днищу; конец бревна снабжен блоком и подъемной цепью. Для

подъема на значительную высоту К. снабжают подъемными кранами. Подобного рода К. представляет собою плоскодонное судно,



Фиг. 3.

корма к-рого снабжена наклонной стрелой (фиг. 4) с блоком и цепью или канатом, или состоит из 2 больших лодок, соединенных между собой поперечными балками и фермами, к которым прикреплены тали с подъемной силой не менее 10 т; эта конструкция более устойчива, так как поднимаемый груз находится все время между судами. Средняя производительность карчеподъем-



Фиг. 4.

ных снарядов за навигационный период—100—150 предметов (карчей, деревьев и т.п.).

За последнее время обычно при осушительных работах, при углублении и спрямлении рек *экскаваторами* (см.) расчистку русла от карчей ведут при их же помощи, пользуясь с этой целью щипцовыми ковшами. К., применяемые в торфяном деле (см. *Гидравлический способ добычи торфа*), носят название подъемных пеньевых кранов и по конструкции подходят к экскаваторам.

Лит.: Анулов К., Брилинг Е. и Марцелли М., Курс внутренних водных сообщений, т. 1, М.—Л., 1927; Броузе Ф., Курс внутренних водных сообщений, 3 изд., П., 1915. А. Малавуги.

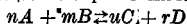
**КАСАТЕЛЬНАЯ**, см. *Дифференциальная геометрия*.

**КАССА НАБОРНАЯ**, деревянный ящик для размещения типографск. шрифта, с отделениями для каждой отдельной буквы или знака. Подробно см. *Набор типографский*.

**КАСОВЫЕ АППАРАТЫ**. Кассовый, контрольный или регистрационный, аппарат служил еще недавно только для регистрации всякого рода приходов и расходов в торговых и коммерч. предприятиях, давая легкий и надежный контроль, предохраняющий от различного рода как случайных, так и умышленных ошибок. В последнее время, менее 10 лет тому назад, круг применения К. а. значительно расширился. С развитием банковских операций, загромождением бухгалтерских аппаратов, вызванным производством учета при платежах за коммунальные услуги (вода, газ, электричество и пр.), с расширением работы страховых касс и пр. нагрузка служащих настолько повысилась, что явилась необходимость, с целью быстрого и надежного проведения операций, ввести в этих учреждениях механич. аппарат, облегчающий и заменяющий медленную руч-

гой. Обычно сводят действие Ктр. к образованию променуточных легко распадающихся веществ или же функцию Ктр. усматривают в том, что благодаря его присутствию реагирующие вещества переходят в некое особое состояние, облегчающее ход реакции. Современное состояние вопроса о К. таково, что в нек-рых случаях б. или м. известен механизм реакции, но это знание скорее индуктивное, и на основании его нельзя количественно предвидеть ускоряющее действие того или иного вещества на реакцию. Явления К. имеют большое значение в химии, т. к. они 1) охватывают значительный круг реакций, 2) необходимы для уяснения природы химич. взаимодействия и 3) имеют большое применение в технике, где зачастую осуществление процесса в промышленном масштабе сводится к подысканию подходящего катализатора.

К. и термодинамика. Основным вопросом К. является следующий: можно ли при любых заданных условиях ( $t^\circ$ , давление и концентрации исходных веществ) найти Ктр., к-рый ускорил бы реакцию в желательном направлении, прямо или обратном. Согласно 2-му принципу термодинамики химич. реакции идут в сторону уменьшения свободной энергии системы (или в сторону возрастания энтропии) до тех пор, пока не будет достигнуто некое конечное состояние равновесия между исходными и результирующими веществами. С момента достижения этого состояния концентрации перестают изменяться и тогда система веществ находится в динамическом стационарном (в смысле концентраций) равновесии (см. *Действующая масса закон*), характеризуемом для каждой  $t^\circ$  константой равновесия, т. е. определенным соотношением концентраций всех входящих в реакцию веществ. При химич. ур-ии типа



в простейшем случае, когда вещества подчиняются законам идеальных газов, имеем:

$$\frac{[A]^n [B]^m}{[C]^n [D]^r} = K, \quad (1)$$

где  $K$  — константа равновесия, а величины в скобках — концентрации соответствующих веществ при равновесии. Значение  $K$  как ф-ии  $t^\circ$  определяется термодинамич. ур-ием энтропии реакции

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{Q}{RT^2}, \quad (2)$$

где  $T$  — абс. темп-ра,  $Q$  — тепловой эффект реакции,  $R$  — газовая константа, отнесенная, как и  $Q$ , к г-молю и равная 1,98 cal/g. При  $Q = \text{const}$  (что верно лишь в небольшом  $t^\circ$ -ном интервале) ур-ие (2) дает:

$$K = P e^{-\frac{Q}{RT}}, \quad (3)$$

где  $P$  — константа, введенная интегрированием. Течение реакции направлено в сторону достижения таких концентраций, при к-рых выполняется ур-ие (1). Теория К. должна считаться с постоянством константы  $K$ , т. к. возможность нескольких значений  $K$  при одной  $t^\circ$  противоречит 2-му принципу, являясь случаем регрессива mobile 2-го рода. Химическая кинетика показывает, что  $K$

есть отношение констант скоростей обратной ( $k_2$ ) и прямой ( $k_1$ ) реакций:  $K = \frac{k_2}{k_1}$ . Если скорости этих взаимно противоположных реакций обозначить через  $v_1$  и  $v_2$ , то

$$\begin{aligned} v_1 &= k_1 C_A^a C_B^b \\ v_2 &= k_2 C_C^c C_D^d \end{aligned} \quad (4)$$

где обозначения  $C$  с индексами показывают соответствующие концентрации. С течением времени последние принимают такие значения, что, при данных  $k_1$  и  $k_2$ ,  $v_1$  становится равным  $v_2$ . Это приводит к выражению:

$$\frac{[A]^n [B]^m}{[C]^n [D]^r} = \frac{k_2}{k_1} = K. \quad (5)$$

Функция Ктр. заключается в том, что в его присутствии реакция скорее доходит до состояния равновесия. Термодинамика дает возможность найти приближенное значение  $K$  из теплового эффекта, тепловесностей и химич. констант. Если расчет (напр. по приближенному ур-ию Нернста) показывает, что намеченная реакция связана с уменьшением свободной энергии, то имеет смысл искать какого-нибудь Ктр. для ускорения реакции. Возможность кажущегося изменения константы равновесия от количества внесенного Ктр. (напр. при гидролизе этилацетата в присутствии соляной к-ты) объясняется тем, что Ктр. влияют на коэф-ты активности (см. *Диссоциация электролитическая*) составных частей, так что реальные концентрации (активные массы) в присутствии Ктр. и в его отсутствии могут быть различными. Реакция протекает и без Ктр., приводя к тому же количественному соотношению, но на это требуется больше времени. При наличии веществ в концентрациях, находящихся в равновесии, Ктр. не может оказывать какого-либо влияния. Увеличивая константу скорости прямой реакции  $k_1$ , Ктр. должен увеличить соответственно и  $k_2$ , что вытекает из неизменности отношения  $k_2:k_1$ . Один и тот же Ктр. может ускорять либо прямую либо обратную реакцию, в зависимости от того, с какой стороны реакция подходит к равновесию. Платина или палладий, употребляемые при гидрогенизации бензола в циклогексан, применяются при  $t^\circ$  выше  $200^\circ$  для ускорения противоположной реакции, т. е. для превращения циклогексана в бензол; первичные и вторичные спирты, получаемые путем гидрогенизации альдегидов и кетонов при  $150$ — $180^\circ$  с медью или никелем в качестве Ктр., регенерируются при  $t^\circ 250$ — $300^\circ$  в присутствии того же Ктр.

К. и химическая кинетика. Теория химич. кинетики приводит к следующему выражению для константы скорости:

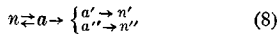
$$\left. \begin{aligned} k_1 &= P_1 e^{-\frac{Q_1}{RT}} \\ k_2 &= P_2 e^{-\frac{Q_2}{RT}} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Сопоставляя ур-ия (6) с ур-ием (3), находим:

$$Q = Q_2 - Q_1; \quad P = \frac{P_2}{P_1}. \quad (7)$$

В константу скорости входят факторы: кинетич. ( $P_1, P_2$ ) и энергетический ( $Q_1, Q_2$ ). Поскольку реакция осуществляется при столкновениях молекул, ее скорость должна за-

вистет от числа последних, от расстояний, на к-рые должны подойти друг к другу молекулы для наступления реакции, от средней скорости движения молекул и от характера их соударения (двойное, тройное и т. д. столкновение). Все эти факторы падают отражение в числе  $P_1$  и соответственно  $P_2$ . Факторы  $Q_1$  и  $Q_2$  выражают энергию активации и обратную реакцию. Опыт показывает, что в каждый данный момент только незначительная часть из общего числа молекул способна к реакции (например для случая распада пятиоксида азота,  $N_2O_5$ , только одна молекула из  $10^{17}$  является активной), причем число таких активных молекул быстро возрастает с  $t^\circ$ . В связи с этим считают, что молекула должна в процессе реакции пройти через некое промежуточное состояние, получая при этом избыточную энергию активации, к-рая уменьшает ее сопротивляемость, облегчая внутримолекулярную перегруппировку или распад. Длительность этого промежуточного состояния—порядка  $10^{-8}$  ск. Согласно современным представлениям о строении материи, атомы и молекулы могут существовать в ряде стационарных (квантовых) состояний разной степени устойчивости и разной вероятности взаимных переходов. В случае атомов—наиболее устойчивым (соответственно минимуму запаса потенциальной энергии) является такое состояние, при к-ром электронные орбиты наиболее близки к ядру атома. Сообщая атомам энергию, отвечающую т. н. резонансным потенциалам, можно заставить электроны перейти на более далекие орбиты. Аналогичные явления (в усложненной форме) имеют место, как показывают спектральные исследования, и в молекулах. Активация молекулы, т. е. вызванный поглощением энергии переход электронов на более высокий квантовый уровень, влетает за собой особое состояние метастабильности, когда прочная, нормальная связь составных частей молекулы ослаблена. Это состояние (преддиссоциация) могло быть изучено фотохимически для ряда молекул благодаря тому, что активация, или возбуждение, м. б. вызвана поглощением света определенной длины волны. Причиной активации может явиться столкновение молекул, движущихся с большими скоростями. При этом м. б. учтена кинетич. энергия не только прямолинейного движения, но и вращательного и колебательного. Механизм реакции с активацией мыслится по схеме:



Нормальная молекула  $n$  в результате столкновения или другим путем получает энергию активации и переходит в возбужденное, активное состояние  $a$ . У образованшейся активной молекулы есть две возможности: 1) она может столкнуться с молекулой исходного вещества  $n$ : тогда энергия активации рассеивается, распределяясь между двумя молекулами, и происходит дезактивация (процесс, обратный активации); 2) она может самопроизвольно распасться на два активированных продукта реакции  $a'$  и  $a''$ ; последние, сталкиваясь с нормальными исходными молекулами, отдают

им свою избыточную энергию и сами превращаются в нормальные молекулы конечных продуктов; за счет отданной энергии исходные молекулы активируются, и реакция продолжается прежним путем; такой механизм называется цепным механизмом и возможно имеет место в большинстве каталитич. процессов. В некоторых случаях энергия реакционной цепи м. б. атомы, образующиеся при активации. Причина активации может также заключаться в поглощении света (радиационная теория).

Увеличение константы скорости при наличии Ктр. может произойти либо при возрастании  $P_1$  либо при уменьшении  $Q_1$  (ур-не 6).  $P_1$  может увеличиться в том случае, когда реакция высокого порядка, т. е. требующая одновременного столкновения нескольких молекул, может осуществляться в присутствии Ктр. через промежуточ. реакцию низшего порядка. При нормальных условиях число тройных столкновений примерно в 1 000 раз меньше числа двойных; если реакция 3-го порядка протекает с помощью Ктр. по ур-ню 2-го порядка, то при прочих равных условиях ее скорость будет значительно больше.  $P_1$  может также возрастать, если увеличивается радиус столкновения. В случае обыкновенных электронейтральных молекул взаимодействие их обнаруживается лишь при сближении на расстояние порядка молекулярных размеров ( $\sim 10^{-8}$  см). В случае же ионов—силы притяжения растут и сказываются на больших расстояниях; вследствие этого на беспорядочное движение молекул налагается новое условие, и число столкновений возрастает. Фактор  $Q_1$  может уменьшаться, например в том случае, когда промежуточная реакция протекает при меньшей энергии активации. Чем меньше избыток энергии, требуемый для приведения молекулы в активное состояние, тем больше число молекул, могущих активироваться при столкновении. Если распад молекулы  $AB$  по ур-ню  $AB \rightarrow A + B$  требует энергии активации  $Q_1$ , если, далее,  $AB$  легко и быстро дает с Ктр.  $C$  комплекс  $ABC$ , распад к-рого  $ABC \rightarrow A + B + C$  идет с энергией активации  $Q_1 - a$ , то при одинаковых условиях комплекс  $ABC$

распадается быстрее в  $e^{\frac{a}{RT}}$  раз. При средних значениях  $T \approx 500^\circ$  и величине  $a \approx 20\ 000$  кал на  $\text{г-моль}$  (во многих опытах имеют место именно такие условия для ряда реакций на поверхности Ктр.) скорость возрастает в десятки млн. раз. Уменьшение  $Q_1$  может происходить при адсорбции, когда молекулы, налетая на поверхность адсорбента, становятся реакционноспособными. В табл. 1 приведен ряд случаев, когда реакция идет в присутствии Ктр. и без него; в первых случаях энергия активации значительно ниже.

Различают К. гомогенный — когда Ктр. находится в одной фазе с реагирующими веществами, и гетерогенный. Последний приобрел большое технич. значение. В этом случае реакция чаще всего происходит на поверхности твердого Ктр. Обычно Ктр. действует в незначительн. количестве: 1  $\text{г-атом}$  платинового золья оказывает ката-

Табл. 1.—Энергия активации некоторых простейших реакций ( $Q_1$ —в кал на г-моль).

Реакция	$Q_1$ без Ктр.	$Q_1$ в присутствии Ктр.	Катализатор
Распад $\text{H}_2\text{O}$	58 500	32 500	Платина Золото Золото Вольфрам
» $\text{H}_2$	44 000	25 000	
» $\text{NH}_3$	70 000—80 000	39 000	
Образование $\text{H}_2\text{S}$	51 400	25 750	Кислород

литич. действие на  $7 \cdot 10^7$  л перекиси водорода; присутствие  $10^{-13}$  г нормального раствора  $\text{CuSO}_4$  ускоряет окисление сульфита натрия в сульфат; часто роль Ктр. играют малейшие следы воды и других веществ.

В качестве Ктр. в лабораторной и заводской практике употребляются восстановленные металлы (гл. обр. магний, алюминий, марганец, никель, железо, медь, серебро, золото, платина, палладий, осмий), металлоиды (сера, фосфор, хлор, бром, иод), окислы, минеральные к-ты, щелочи и многие другие неорганич. и органич. соединения. Способ приготовления Ктр. влияет на их эффективность; существ. значение здесь имеет характер поверхности, способ получения (мокрым или сухим путем, из тех или иных соединений данного элемента),  $t^\circ$  обработки, сушки, прокаливания, наличие примесей. При гетерогенном К. обычно наносят Ктр. на подходящую основу, или подкладку, выбирая для этого вещество с сильно развитой поверхностью (кизельгур, активированный уголь, пемза, силикагель и др.); в частности подкладкой может служить вещество, из к-рого готовится Ктр. При гидрогенизации над никелем получают хорошие результаты, когда исходная окись его восстановлена не нацело: т. о. здесь Ктр. является никель, распределенный на зернах его окиси. В целях получения Ктр. в наиболее раздробленном состоянии пользуются их коллоидными растворами (золями); вследствие малой устойчивости последних употребляют обычно золи, защищенные обратными (лиофильными) коллоидами. Золи Pt и Pd, защищенные лиазобинново- или протальбиновокислым натрием, нашли большое практич. применение (Ктр. Паала, см. *Гидрирование*). Связанное с защитой обволакивание частичек Ктр. увеличивает и длительность его действия, понижая однако интенсивность последнего.

При гомогенном К. известен ряд случаев, когда скорость реакции пропорциональна концентрации Ктр. (напр. скорость разложения диазосоединений в водном растворе пропорциональна концентрации водородных ионов, являющихся Ктр.); однако как общее правило эта зависимость более сложна. В гетерогенном катализе главными факторами являются строение, характер и специфичность поверхности. Физико-механич. условия—скорость пропускания вещества над Ктр., перемешивание, способ наложения Ктр. на подкладку, размещение Ктр. в реакционном пространстве, скорость диффузии—имеют большое значение. Платина в виде черни, пластинок, тампона, сетки действует по-разному, причем форма, пригодная для одной реакции (напр. для окисления

сернистого газа), не пригодна для другой (напр. окисления аммиака). Эти факторы затрудняют точную воспроизводимость опытов. Макроскопически Ктр. после реакции остается таким же, каким был до начала; наблюдаются изменения лишь поверхностной структуры, напр. появление налетов каталитич. пыли. Общей характеристикой Ктр. является то, что его количество не находится в стехиометрич. связи с количеством прореагировавшего вещества. Это не исключает возможности промежуточных образований, в особенности если принять во внимание цепной механизм К. или быстрое активирование на поверхности. При выборе Ктр. на практике исходят не только из учета его ускоряющей способности (одна и та же реакция м. б. ускорена разными Ктр.), но также принимают во внимание дешевизну, легкость получения, чувствительность и капризность Ктр. к изменению условий. При синтезе аммиака уран напр. дает хорошие выходы, но обладает недостатком—чувствительностью к влаге, понижающей его действие; поэтому практически удобнее дешевле и более постоянно действующее железо, несмотря на меньший выход продуктов, получаемых при работе с этим Ктр. В начале действия Ктр. выходы растут, постепенно достигая максимума, но с течением времени изменение структуры, пористости, деформация поверхности от температурных влияний, загрязнения—влекут за собой понижение эффективности катализа.

Действие поверхности при К. В случае гетерогенного К. существенны явления, имеющие место при столкновении молекул с Ктр. Принято считать, что при этом происходят изменения физико-химич. порядка, в результате к-рых молекулы становятся более реакциспособными. Действие Ктр. связано с *адсорбцией* (см.) и м. б. весьма многообразным. Изучение процессов, происходящих при ударе молекул жидкости или газа о твердую поверхность, должно помочь выяснить природу К. 1) Удар о поверхность может произойти так, что молекула ориентируется, приближаясь к Ктр. одной своей частью (полярной) и отталкиваясь—другой. Ориентация может иметь место для молекул, обладающих электр. моментом. Поскольку молекулы состоят из электронов и положительных ядер, возможна структура, при к-рой центры тяжести положительных и отрицательных зарядов не совпадают. Такие молекулы дипольны (см. *Диполь* молекулярный), т. е. имеют электрический момент  $\neq 0$ . При адсорбции молекула лежит на поверхности своей полярной группой. Такая ориентация может способствовать К. При дегидрогенизации алкоholes последние прилегают к Ктр. своей группой  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , причем в этом месте происходит ослабление связей, активация и отщепление водорода. 2) Действие силового поля поверхности может вызвать деформацию адсорбированной молекулы, т. е. смещение ее электр. зарядов (поляризацию), в результате чего получается дополнительный электрический момент; такое нарушение нормального состояния способствует активации. Ориентационное и поляризационное взаимодействие

может рассматриваться как проявление сил вторичной валентности. 3) При адсорбции незначительных количеств вещества может выделяться много энергии (эзотермичность адсорбции). Так, при поглощении углем первых порций кислорода выделяется 220 000 cal на  $\delta$ -молекулу  $O_2$ . Это количество превращает теплоту горения твердого угля (96 000 cal) и близко к энергии горения газообразного углерода (около 150 000 cal), вычисляемой из теплоты его возгонки. Это указывает на то, что поверхностные атомы могут удерживаться слабо и быть в полусвободном состоянии. Выделяющееся тепло может служить источником активации. 4) Действие поверхности Ктр. может заключаться в ионизации. Легкость и быстрота взаимодействия ионов хорошо известны. При адсорбции кислорода на платине повидимому происходит переход электрона от металла на адсорбируемое вещество. Термоионный эффект (работа вырывания электронов) для платины равен 126 500 cal на  $\delta$ -атом; средство молекул кислорода к электронам равно 80 500 cal. Если адсорбция заключается в ионизации кислорода за счет электрона платины, то требующаяся энергия составляет 46 000 cal, что близко к опытному инкременту энергии  $\approx 50 000$  cal. Такое же соотношение наблюдается и при адсорбции на вольфраме. Ионизируются не все молекулы, ударяющиеся о поверхность Ктр., а только часть их. 5) Адсорбция на Ктр. может сопровождаться диссоциацией адсорбируемого вещества на атомы; последние являются мощными активаторами. Тепловые эффекты реакций, если при расчетах исходить из атомов, значительно превышают энергию, выделяющуюся при взаимодействии молекул. Это объясняется значительной энергией, необходимой для диссоциации молекул (напр.  $H_2 \rightarrow 2H - 102 000$  cal). 6) Силы, действующие между Ктр. и реагирующими молекулами, принципиально не отличимы от химич. сил. Вследствие неровностей и выступов поверхности Ктр., его поверхностные атомы не имеют окружения, соответствующего внутренним атомам, и могут рассматриваться как образования с ненасыщенными валентностями. При адсорбции могут образоваться временные «адсорбционные» соединения—комплексы, к-рые не всегда поддаются обнаружению химико-аналитич. путем вследствие малой длительности их существования и быстрого перехода в устойчивые продукты реакции. Действие металлич. Ктр. при реакциях с водородом и азотом может идти через образование гидридов и нитридов, существование к-рых доказано спектроскопич. методами. 7) Время пребывания молекулы в адсорбированном состоянии на поверхности Ктр. м. б. достаточно продолжительным. Это дает возможность другим молекулам, налетающим на поверхность, также вступать в реакцию. Такая фиксация молекул на Ктр. увеличивает число столкновений. 8) Спедицифика действия Ктр. связана с его химич. структурой. Так, при бромировании этилена активными оказываются такие Ктр., у которых в состав молекулы входит кислород (стекло, стеариновая к-та, цетиловый алкоголь и др.); на парафине скорость реакции в

17 раз меньше, чем на стекле. Введение пропилового спирта на парафиновую поверхность при хлорировании приводит к возрастанию скорости. 9) В связи со сложным рельефом поверхности (трещины, впадины, «пики» атомов) и с активностью не всех, а только части общего числа адсорбированных молекул высказана теория, согласно к-рой на поверхности Ктр. активными являются только некоторые точки (активные центры), причем места, катализирующие одну реакцию, оказываются инертными для другой. Нагревание, связанное со скоплением атомов и с нивелированием поверхности, уменьшает число активных центров. На одних участках протекает химическая реакция, а на других—лишь обратная адсорбция. При гидрогенизации этилена эффективна 0,01 поверхности никеля. Количество  $N$  молекул, налетающих в сек. на  $cm^2$  поверхности Ктр., дается уравнением:

$$N = 43,75 \cdot 10^{-6} \frac{p}{V_{MT}}, \quad (10)$$

где  $p$ —давление в барах ( $\sim 10^{-6}$  *Atm*),  $T$ —абсолютная темп-ра,  $M$ —молекулярный вес. Большое значение характера поверхности обуславливает тот факт, что скорость реакции в присутствии Ктр. не определяется однозначно величиной энергии активации, как видно из разложения  $HCOOH$  на  $CO_2$  и  $H_2$ , при различных Ктр. (табл. 2).

Табл. 2.—Энергия активации и константы скоростей разложения  $HCOOH$ .

Катализатор	Энергия активации в cal на $\delta$ -молекулу $HCOOH$	Константы скоростей при 300°
Стекло . . . . .	24 500	$2,5 \cdot 10^{-7}$
Золото . . . . .	23 500	$9,2 \cdot 10^{-8}$
Серебро . . . . .	31 000	$1,3 \cdot 10^{-6}$
Платина . . . . .	22 000	$4,4 \cdot 10^{-4}$
Родий . . . . .	25 000	$2,4 \cdot 10^{-3}$
Палладий . . . . .	39 000	$1,0 \cdot 10^{-8}$

Действие платины и родия эффективнее, чем стекла и золота, хотя энергия активации остается того же порядка. 10) Ктр. оказывает специфич. влияние на ход реакции, обуславливая переход последней через промежуточные стадии. В связи с этим различные Ктр. по-разному ускоряют одну и ту же реакцию. Реакция образования  $CO_2$  и  $H_2$  из  $CO$  и  $H_2O$  протекает при 200°—300° в присутствии меди; при 400°—450° действует лучше окись железа. Причина—та, что в первом случае процесс идет через образование  $HCOOH$ , а во втором— $CO$  окисляется за счет окиси железа. Чередувание окислительного и восстановительного процессов на поверхности Ктр. часто способствует сильному каталитич. действию. Обуславливая неодинаковое течение промежуточных реакций, различные Ктр. могут приводить и к неодинаковым конечным продуктам. Разложение  $CH_3 \cdot CO \cdot OS_2H_6$  в зависимости от применяемого Ктр. протекает разными путями по у-рям:

- I.  $CH_3 \cdot CO \cdot OS_2H_6 \rightarrow CH_3 \cdot CO \cdot OH + C_2H_4$  (Ктр.— $TiO_2$ );
- II.  $CH_3 \cdot CO \cdot OS_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + CO_2$  (Ктр.—измельч. Ni);
- III.  $2CH_3 \cdot CO \cdot OS_2H_6 \rightarrow CH_3 \cdot CO \cdot CH_3 + C_2H_4 + CO_2$  (Ктр.— $TiO_2$ ).

Точное экспериментальное определение энергии активации при гетерогенном К. затруднено вследствие изменения характера поверхности и степени адсорбции при изменении  $t^\circ$ . В тех случаях, когда имеются основания полагать, что занята вся поверхность Ктр., энергия активации высчитывается из  $t^\circ$ -ного коэф-та. Как и в случае гомогенного К., активация может происходить за счет кинетики или внутренней энергии молекул, ударяющихся о поверхность, за счет тепла адсорбции и т. д.

Изучение порядка реакции и влияния концентрации на ее скорость позволяет высунуть характер активации. Если для реакции необходимы молекулы А и В, то возможен случай, когда адсорбируется только молекула А и процесс идет при ударе молекулы В о молекулу А, находящуюся уже в адсорбированном состоянии. Это—реакция первого порядка, определяемая количеством ударов молекулы В, поскольку адсорбционное равновесие между Ктр. и молекулой А устанавливается очень скоро (процесс не зависит от скорости адсорбции). Если обе молекулы, А и В, реагируют в адсорбированном состоянии, то скорость зависит от возрастающей концентрации, но когда последняя становится такой, что вся поверхность оказывается покрытой (т. е. когда достигается предел адсорбции), дальнейшее повышение давления уже не меняет концентрации молекул на поверхности Ктр. и не влияет больше на скорость, т. е. реакция идет по ур-ию нулевого порядка. Этот случай имеет место при гидрогенизации на поверхности металлов, а также в нек-рых реакциях ферментативного характера.

К. в растворах зависит от растворителя, от прибавленных электролитов и от их ионов. Повидимому в растворах происходит образование промежуточных комплексов. Скорость реакции зависит в этом случае не только от концентрации, но и от специально вводимых коэф-тов активности веществ, участвующих в реакции. Этими коэф-тами выразится поправка на отклонение от законов идеальных газов в применении к растворам. Наряду с ускоряющим действием ионов установлено также и влияние недиссоциированных молекул, причем ион и молекула характеризуются неодинаковыми константами скорости. Для случаев разбавленных растворов электролитов коэф-ты активности высчитываются из законов электростатики и молекулярной статистики (закон Больцмана). Специфич. влияние оказывает на энергию активации и растворитель, как это видно на примере реакции между анилином и бромметофеноном (энергия активации приведена в сал на 2-моль).

Растворитель	Энергия активации
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> . . . . .	18 000
CHCl <sub>3</sub> . . . . .	10 700
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> NO <sub>2</sub> . . . . .	13 470
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> OH . . . . .	14 290
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH . . . . .	13 900

Работа катализатора. Если  $V$ —объем газов, проходящих через Ктр. в ск.,  $S$ —объем Ктр. (расчет ведется по объему в виду невозможности количественно учесть

величину поверхности), то выражение  $U = \frac{V}{S}$  даст количество вещества, соприкасающегося с единицей объема Ктр. в 1 ск. Если из проведенного через реакцию количества  $U$  прореагировала часть  $a$ , то выход будет равен  $aU$ . При небольших скоростях пропускания газов реакция успевает за время их соприкосновения с Ктр. дойти до состояния равновесия. С возрастанием  $U$  растет до некоторого предела и  $aU$ , поскольку

длительность контакта оказывается достаточной и величина  $a$ —постоянна. На фиг. 1 (ось абсцисс— $U$ ; ось ординат— $aU$ ) эта часть соответствует отрезку  $Oa$ . Точка  $a$  соответствует максимальному выходу при статических условиях реакции, когда отсутствует циркуляция газов. При дальнейшем росте  $U$  начинается падение  $a$ , так как вследствие увеличивающейся скорости потока газов через катализатор успевает прореагировать меньшая часть вещества. Выход  $aU$  все же возрастает, так как уменьшение  $a$  компенсируется увеличением  $U$  (отрезок  $ab$ ). Точка  $b$  указывает наибольший выход при динамическом проведении реакции (при непрерывном потоке газов). В случае еще больших значений  $U$  время контакта становится столь малым, что величина  $a$  быстро падает. Это ведет к уменьшению выхода (отрезок  $bc$ ).

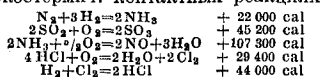
Слишком медленное пропускание газов через Ктр. практически неудобно; в первые моменты соприкосновения реакция протекает быстро, и дальнейшее задерживание газов над Ктр. мало эффективно. Напр. при продолжительности контакта NH<sub>3</sub> и O<sub>2</sub> с платиной в течение 0,05 ск. выход достигает 96,1%; увеличение времени контакта в 12 раз (0,6 ск.) дает лишь незначительный прирост выхода в 0,2%. Поэтому технически оказывается выгодным, в известных пределах, увеличивать скорость протекания реакционной газовой смеси, не взирая на происходящее от этого незначительное падение % выходов, но увеличивая зато нагрузку Ктр. Скорость газового потока нередко устанавливают в несколько м/сек. Необходимо также добиваться равномерного наполнения реакционного пространства катализатором во избежание образования свободных каналов, через к-рые газы могли бы проникнуть, не вступая в соприкосновение с ним. Состав пропускаемой газовой смеси определяется различными условиями в зависимости от стоимости того или иного компонента и от влияния его избытка на конечный результат реакции. В тех случаях, когда реакция сильно экзотермична, но когда при этом повышение  $t^\circ$  выше определенного предела нежелательно (как например, при контактном окислении аммиака), к смеси реагирующих газов примешивают такой избыток воздуха или другого газа, который поглощал бы излишнюю теплоту реакции. Зная тепловую эффект  $Q$  реакции и теплоемкости с всех

Фиг. 1.

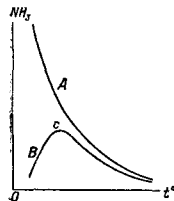


составных частей, подбирают такой состав газовой смеси, чтобы отношение  $\frac{Q}{z_c}$  не превосходило желательной  $t^{\circ}$ .

К. и температура. Практически реакции ведутся при  $t^{\circ}$  наибольшего выхода. В экзотермич. контактных реакциях типа:



повышение  $t^{\circ}$  способствует реакции, увеличивающей содержание тех веществ, образование к-рых сопровождается поглощением тепла, т. е. при повышении  $t^{\circ}$  получается сдвиг равновесия справа налево. Т. о. при высоких  $t^{\circ}$  достижение равновесного состояния невыгодно в отношении выхода, т. к. это состояние характеризуется значительной диссоциацией  $NH_3$ ,  $SO_3$  и т. д. Несмотря на это, проведение реакций при низких  $t^{\circ}$  тоже практически невыгодно, так как с понижением  $t^{\circ}$  быстро падает скорость процесса (см. *Кинетика химическая*); поэтому в последнем случае хотя и могут быть достигнуты большие выходы (вычисленные из константы равновесия), но самый ход реакции будет крайне медленным, аналитически неопределимым. Таким образом  $t^{\circ}$  реакции не д. б. ни слишком высокой (что связано с непроизводительным расходом образующегося полезного продукта) ни слишком низкой. Практически при проведении реакции в ограниченное время выход при низких  $t^{\circ}$  мал;



Фиг. 2.

далее, с ростом  $t^{\circ}$  он увеличивается, достигая максимума, и при дальнейшем повышении  $t^{\circ}$  снова падает вследствие неблагоприятных условий равновесия (увеличение диссоциации). На фиг. 2 по оси абсцисс отложена  $t^{\circ}$ , по оси ординат — % выхода  $NH_3$  при синтезе из  $N_2$  и  $H_2$  в заданной начальной смеси. Кривая A дает концентрацию  $NH_3$  при равновесии как функцию  $t^{\circ}$ ; кривая B — выход при наличии Ктр. Максимум  $v$  показывает оптимальную  $t^{\circ}$  наибольшего выхода. Если Ктр. может с одним из реагирующих веществ давать соединение определен. состава, то  $t^{\circ}$ -ные условия зависят от равновесия между Ктр. и данным веществом. К такого рода случаям относится контактное окисление  $SO_2$  в присутствии окислов, характеризующихся более высокой оптимальной  $t^{\circ}$  действия, чем платина (см. *Серная кислота*). Напр. присутствие  $Fe_2O_3$  в качестве Ктр. ведет к образованию сульфата  $Fe_2(SO_4)_3$ , к-рый находится в равновесии с  $SO_3$  (продуктом своего распада),  $SO_2$  и  $O_2$ ; каждой  $t^{\circ}$  отвечает своя упругость пара  $SO_3$  над твердым  $Fe_2(SO_4)_3$ . Проведение реакции с избытком  $SO_2$  в газовой смеси способствует образованию сульфата; при высоких  $t^{\circ}$  повышается диссоциация  $SO_3$ , упругость паров последнего становится незначительной, и сульфат распадается. Оптимальной является та  $t^{\circ}$  реакции, при к-рой концентрация  $SO_3$  в равновесной смеси отвечает упругости паров

$SO_3$  над  $Fe_2(SO_4)_3$ . При этих условиях действие Ктр. может мыслиться как непрерывное чередование 2 процессов: образования связанного с Ктр.  $SO_3$ , затем отделения его и ухода из сферы реакции. Этими обстоятельствами объясняется то, что при начальном составе смеси из 7%  $SO_2$  + 10%  $O_2$  + 83%  $N_2$  оптимальная  $t^{\circ}$  каталитического действия  $Fe_2O_3$  лежит около 625°, т. е. выше оптимума для платины. В связи с этим изучение диссоциации гидридов, нитридов и других соединений должно дать возможность предвидения соответствующих условий К.

Активаторы (ускорители, промотеры); смешанные катализаторы (впервые открытые В. Ипатьевым). При одновременном действии двух Ктр. общий эффект иногда бывает равен сумме эффектов каждого Ктр. в отдельности (влияние золы Pt и Au на распад  $H_2O_2$ ), но в большинстве случаев такой аддитивности не наблюдается: два или несколько Ктр. могут при совместном действии дать эффект, иногда превышающий сумму эффектов тех же Ктр., но взятых в отдельности. Вещества, присутствие которых усиливает уже проявляющееся каталитич. действие, называются активаторами, или промотерами (promoteurs); в качестве таковых применяются различные металлы, их окислы и другие вещества. Влияние промотеров нередко сказывается на скорости реакции даже тогда, когда они присутствуют в следах, едва обнаруживаемых химич. анализом. Промотеры, взятые в отдельности, могут и не проявлять того каталитич. действия, к-рое присуще основному Ктр. При введении в Ктр. промотеров в б. или м. значительных количествах получают т. н. смешанные катализаторы. Промотеры и смешанные Ктр. находят широкое применение в технике, где они дают возможность увеличивать выходы, комбинируя дешевые, легко доступные вещества. Примером промотеров являются примеси к Ктр. — железу при окислении  $NH_3$ ; при этом Fe выход равен 83,5%; Fe + Bi дает 94,6%; Fe + Cu — 92%; Fe + Ce — 90%; Fe + W — 89,3%; Fe + Th — 87,3%. С увеличением концентрации промотера выходы растут, проходят через максимум и затем падают. Если Ктр. лежит на промотере, то малые количества последнего значительно влияют на скорость реакции. Если Ктр. и промотер равномерно распределены на подкладке, — влияние концентрации сказывается слабее. Возрастание константы скорости в процессе реакции может означать, что образующиеся вещества сами проявляют каталит. действие (автокатализ). При этом возможно возникновение ступенчатых реакций, протекающих с неодинаковой скоростью. Прибавление продукта, лишь медленно образующегося в начальной стадии реакции, равно как и введение дополнительного Ктр., ускоряющего одну из промежуточных реакций, протекающую с малой скоростью, дает увеличение выхода. Ускорение м. б. вызвано также посторонними газами, молекулы к-рых, сталкиваясь с активированными продуктами реакции, снимают с них избыточную энергию, превращая их в нормальные конечные продукты. Такие случаи имеют место при

тройных столкновениях, когда две реагирующие частицы легче взаимодействуют, если в момент их столкновения присутствует третья молекула, поглощающая выделенную энергию и этим предотвращающая обратную реакцию.

Причины активизирующего действия промотеров многообразны. 1) Если К. вызывает веществом А, то введение тела В, на поверхности которого А способно адсорбироваться, усиливает эффект. 2) Смешанный Ктр. может оказывать селективное действие, причем процесс, начинающийся на первом Ктр., завершается на втором. Например при реакции между СО и Н<sub>2</sub>, приводящей к образованию метана, Ктр.—никель дает промежуточное вещество, СН<sub>3</sub>ОН, к-рое дегидрируется на промотере (СН<sub>3</sub>ОН→Н<sub>2</sub>О+Н<sub>2</sub>С<), после чего из групп СН<sub>3</sub> и Н<sub>2</sub> образуется конечный продукт. 3) Промотор может ускорять образование промежуточного продукта, разлагаемого затем катализатором. 4) Соединение промотера с одним из реагирующих веществ или адсорбция последнего промотером увеличивают концентрацию данного вещества на поверхности. Зависимость между возрастанием коэффициента адсорбции и скоростью реакции сложна и мало изучена; известны случаи, когда в присутствии промотера адсорбция увеличивается на 20%, скорость же возрастает в десятки раз. 5) Действие промотера может заключаться в уменьшении чувствительности Ктр. к ядам (см. ниже), к-рые вызывают остановку реакции. 6) Ктр. и промотер могут активировать не одна и те же компоненты реакции; в известных случаях возможна и последовательная активация. 7) Подкладка может служить промотером, поглощая реагирующие вещества и являясь резервуаром, из к-рого Ктр. черпает материал для реакции.

Замедлители (ингибиторы); каталитические яды. Незначительные примеси нек-рых веществ либо замедляют реакцию (ингибиторы) либо практически прекращают ее (каталитические яды). Наличие 0,00002% РН<sub>3</sub> снижает платину катализатора при окислении аммиака; 5·10<sup>-8</sup> 2-мол.НСN уменьшает скорость распада Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub> вдвое. Различают яды временные и постоянные. Первые действуют лишь тогда, когда они присутствуют в реагирующих веществах; в этом случае продувание через Ктр. воздуха или другого инертного газа восстанавливает его действие. Таковы СО на платине при реакции между Н<sub>2</sub> и О<sub>2</sub> или следы Н<sub>2</sub>О при синтезе NH<sub>3</sub> из элементов. Постоянные яды могут химически видоизменить поверхность Ктр., причем для регенерации последнего требуется уже химич. обработка. Н<sub>2</sub>S оравляет Ктр.—железо, образуя с ним FeS. Один и тот же яд м. б. постоянным или временным в зависимости от природы Ктр. На поверхности, отравленной для одной реакции, может протекать другая. CS<sub>2</sub> отравляет коллоидальную платину, служащую Ктр. при гидрогенизации дипропилакетона, но не влияет на некоторые другие реакции, катализируемые той же платиной. Замедлителями м. б. и сами продукты реакции, адсорбируемые и задерживаемые на Ктр. Так, при окислении SO<sub>2</sub> на платине обра-

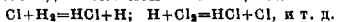
зующийся серный ангидрид SO<sub>2</sub> замедляет реакцию, так как последняя ставится в зависимость от скорости диффузии реагирующих веществ через слой SO<sub>2</sub>, лежащий на платине и мешающий их проникновению к поверхности Ктр. Иногда примеси, уменьшающие выход, все же не являются ядами; так, ядами иногда называют вещества, которые сами действуют в качестве Ктр., но с той разницей, что они дают меньший выход или характеризуются более высокой оптимальной t° сравнительно с обычно употребляемыми Ктр. Это относится напр. к мышьяку, к-рый считают ядом при контактном получении SO<sub>2</sub> с Ктр.—платиной; в действительности же As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> для данной реакции сам является катализатором, но с пониженным (по сравнению с Pt) выходом. Для Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при 625° выход SO<sub>2</sub> составляет 75%; для FeAsO<sub>4</sub> при 650°—63% и для As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при 675°—50%. Ядом для контактного процесса является вода, к-рая с SO<sub>2</sub> дает H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, адсорбируемую на поверхности Ктр. Это имеет место и при высокой темп-ре в согласии с тем фактом, что небольшие количества адсорбированных веществ очень прочно удерживаются поверхностью. Создание условий, благоприятных для обратной реакции, вызывает замедление прямого процесса.

Действие ядов заключается гл. обр. в их адсорбции на поверхности и в уменьшении числа активных центров Ктр. Иногда присутствие яда может повлечь за собой даже изменение хода реакции. В связи с этим встречаются случаи полезного отравления, когда яд мешает идти побочной, нежелательной реакции. Например при разложении спирта C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH на меди присутствие воды увеличивает выход альдегида CH<sub>3</sub>CHO; безводный же спирт дает больше побочных газообразных продуктов (CH<sub>4</sub>, СО, и СО) в качестве примесей к водороду. Объясняется это тем, что в безводном спирте идет побочная реакция: CH<sub>3</sub>CHO→CH<sub>4</sub>+СО; вода, являясь ядом для этой реакции, защищает образующийся альдегид от распада.

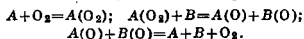
Причины замедляющего влияния ингибиторов м. б. различными. 1) Роль замедлителя (А) при реакции в растворе может сводиться к уменьшению концентрации Ктр. (В), если происходит образование комплекса по ур-ию А+В⇌АВ и устанавливается равновесие между А, В и АВ. Тогда увеличение концентрации А вызывает уменьшение концентрации В (по закону действия масс). Таково напр. действие воды при этерификации к-т в алкогольных растворах или при разложении щавелевой к-ты водными растворами Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. 2) Замедлитель может уменьшать концентрацию реагирующего вещества. При наличии иона в качестве реагента прибавление веществ, уменьшающих диссоциацию, действует замедляющим образом. Таково влияние НВг на гидрилы бромидной кислоты. В ряде случаев, когда само образующееся вещество действует замедляющим образом (автосамозамедление),—скорость реакции обратно пропорциональна концентрации возникшего вещества и выражается ур-ием

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k_1(a-x)}{x}$$

где  $a$ —начальная концентрация,  $x$ —прореагировавшее количество ко времени  $t$  и  $k$ —константа. Примером может служить действие  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$  на гидролиз галондзоаминных кислот. 3) В случае цепных реакций разрыв цепи может вызвать замедление; так же действует и дезактивация промежуточных продуктов. Образование  $\text{HCl}$  из  $\text{H}_2$  и  $\text{Cl}_2$  на свету идет так, что на один квант поглощенного света образуется  $10^6$  молекул  $\text{HCl}$ . Это—цепная реакция, вызванная первичным возбуждением, к-рое затем передает ся последовательной активацией:



Введение  $\text{O}_2$ , к-рый активируется хлором и дает с водородом  $\text{H}_2\text{O}$ , разрывает цепь; аналогично действует  $\text{NH}_3$  и нек-рые органич. вещества. Малые количества замедлителей могут оказывать очень большое влияние; например 1 мол. гидрохинона на 40 000 мол. акролеина делает аутоокислацию, *автоокисление* (см.), последнего незначительной. Возможно, что этот процесс идет через образование перекисей соответствующих веществ  $A$  и последующее восстановление их при помощи вещества  $B$ , согласно ур-ям:



*Сопряженные реакции* (см.), заключающиеся в том, что реакция между веществами  $A$  и  $C$ , идущая медленно, ускоряется при одновременном протекании реакции между  $A$  и  $B$ ,—представляют со стороны химической кинетики аналогию с явлениями  $K$  и автокатализа. Так как механизм сопряженных реакций обычно может быть прослежен, то изучение их дает косвенные указания относительно механизма реакций гомогенного катализа.

Я. Сырин.

### Катализ в технике.

Каталитич. реакции играют в настоящее время весьма большую роль как в науке, так и в технике. Значительная часть процессов химич. промышленности, заводских и лабораторных синтезов базируется именно на каталитич. реакциях. Т. к. применение катализаторов (Ктр.) позволяет осуществлять химич. превращения с достаточной скоростью при  $t^\circ$  более низких, чем в отсутствие Ктр., то это дает экономию в топливе, а кроме того нередко способствует повышению выхода и чистоты получаемого продукта.

Начало 20 в. ознаменовалось важными открытиями в области каталитич. реакций, в скором времени обратившими на себя внимание промышленных кругов. Исследования в области катализа, предпринятые одновременно и независимо друг от друга во Франции Сабатье и Сандереном и в России В. Ипатьевым, начиная с 1901 г., обогатили науку такими новыми методами, к-рые в скором времени произвели переворот в химич. технологии как органических, так и минеральных веществ. В связи с этим многие старые методы производства оказались невыгодными и подверглись коренным изменениям; многие каталитич. реакции, известные уже давно, нашли себе широкое применение в технике (синтез аммиака из элементов, поверхностное горение, окисление амми-

ака в азотную к-ту и т. д.), но главным стимулом развития катализа. индустрии явилась война 1914—18 гг., когда Германия была отрезана от внешних ресурсов и сумела в крупном масштабе наладить каталитическое производство аммиака, серной и азотной кислот, отверждение жиров и пр. Последовательный период дал в области технического К. ряд новых блестящих достижений.

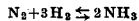
**Катализаторы.** Различные Ктр. обладают различной активностью, к-рую можно выразить нек-рой величиной  $K$ , показывающей во сколько раз один Ктр. трансформирует энергии больше, чем другой. Ипатьев выводит величину  $K$  на основании своих опытов со спиртами. Он считает, что если идет разложение в бомбе при нагревании, то простая пропорциональность  $p = p_0(1 + \alpha t)$  нарушается, и нарастание давления будет идти пропорционально  $T \cdot \frac{dp}{dt}$ . Самая характерная величина, определяющая ход разложения, есть  $\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max}$ , так как в это время посторонние факторы влияют менее всего. Если скорость разложения уменьшится, то время, в течение которого достигается  $\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max}$ , увеличится, т. е.

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} \cdot T = R.$$

Величина  $R$  (изменяется для спиртов в зависимости от Ктр.; для  $\text{Fe}$  она почти вдвое больше, чем для  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Если  $R_1$ —константа одного Ктр., а  $R_2$ —другого, то  $\frac{R}{R_1} = K$ , где  $K$ —величина, указывающая на активность катализатора.

Активность Ктр. зависит в значительной степени от содержащихся в нем (или на его поверхности) примесей. Последние делятся на две группы. 1) **Антикаторы** (замедлители, катализич. яды) ослабляют активность Ктр. или сводят ее к нулю («отравление» Ктр.). Типичными катализическими ядами являются: галоиды, соединения серы, фосфора, мышьяка,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CO}$  и т. д. Так как ничтожной примеси этих веществ достаточно, чтобы парализовать действие Ктр., то материалы, подвергаемые контактными реакциям, должны быть совершенно чистыми, что значительно удорожает производство: напр. при синтезе аммиака по Габеру расходы по очистке водорода составляют 75% всей стоимости аммиака. В некоторых случаях отравленный Ктр. можно «оживить» действием высокой  $t^\circ$  или веществ, переводящих антикатализатор в летучее или индифферентное к Ктр. вещество. Отравленный Ктр. иногда пригоден для другой реакции. Так, Розенмунд, получая альдегиды из хлорангидридов, путем прибавления антикатализаторов к металл. Ктр., выработал условия, при к-рых он мог по желанию останавливаться на любой стадии реакции:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$ .

2) **Активаторы** (промотеры, акселераторы) повышают активность Ктр., а следовательно и скорость реакции. Например равновесие



в присутствии  $\text{Fe}$  достигается медленно, но прибавление к последнему ничтожных ко-

личеств Мо, W или U значительно ускоряет реакцию. Ипатьев, впервые обративший внимание на это явление, нашел, что амилен в медной трубке с CuO при 300° и 200 атм. дает 30% пентана через 28 час., в то время как в железной трубке с CuO пентан образуется количественно через 12 час. Современная техника широко пользуется промотерами, так как они делают каталитич. процессы еще более экономичными.

Подбор пар Ктр. должен был бы производиться по определенным признакам, но это вопрос будущего; теперь они подбираются экспериментально. Особенно много проб со смешанными Ктр. было сделано при синтезе метилового спирта из водяного газа (см. ниже), где применялись смеси из двух, трех и четырех компонентов.

Все огромное количество применяемых Ктр. можно разбить на следующие группы: 1) Ктр. для окисления—Pt, Rh, Ir, Pd, Os, Au, Ag, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>, CuO, Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, UO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, WO<sub>3</sub>, соединения Мо, редкие земли; 2) Ктр. для восстановления—металлы группы платины, Ni, Co, Cu, Fe и их окислы, а также все Ктр., применяемые для дегидрирования; 3) дегидратирующие Ктр.—ThO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>, алумосиликаты, окисл металлов, Cr, Si, Ti, Be, Zr, U, Mo, Fe, Ni, Zn, ZnCl<sub>2</sub>, к-ты, ангидриды и т. д.; 4) конденсирующие Ктр.—AlCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, CrCl<sub>3</sub>, TiCl<sub>4</sub>, SnCl<sub>4</sub>, SbCl<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, уксусный ангидрид, органич. основания и т. д.; 5) переносчики галогенов—J, JCl, S, древесный и костяной уголь, хлориды Мо, P, Sb, Fe, Sn, Ti, V, U, Al, Zn. Переносчиками брома и иода являются бромиды и иодиды металлов, обладающих переменной валентностью.

#### Классификация каталитических реакций.

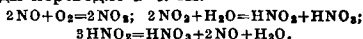
Все огромное количество каталитич. реакций неорганической и органической химии удобнее всего классифицируется по след. схеме: 1) окислительный К., 2) восстановительный К. (гидрогенизация), 3) дегидрогенизация, 4) гидратация, 5) дегидратация и расщепление, 6) конденсация и полимеризация, 7) галогенирование, 8) отрицательный катализ.

1) Окислительный К. Процессы окисления, осуществляемые с помощью Ктр., подразделяются на две группы: а) окисление свободным кислородом или воздухом, б) окисление посредством окислителей, содержащих связанный кислород.

Процесс Дикона—получение хлора из HCl при помощи каталитич. действия CuCl<sub>2</sub>. При этом процессе необходимо, чтобы HCl не содержал паров серной к-ты, к-рая действует губительно на Ктр. Реакция ведется при t° ≥ 400°; газообразный HCl в смеси с воздухом проводится через башни, наполненные битым кирпичом, пропитанным раствором CuCl<sub>2</sub>. Процесс Рейхлера и Уайльда аналогичен диконовскому, но вместо CuCl<sub>2</sub> Ктр. служит сухая смесь MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub> и MnCl<sub>2</sub>.

Процессы получения каменноугольной серной кислоты и олеума—окисление сернистого газа в серный ангидрид при помощи окислов азота или платинового и других Ктр.—также относятся к окислительным каталитич. реакциям (см. *Серная кислота*).

Процесс окисления аммиака в азотную кислоту, разработанный теоретически К. Оствальдом, имеет большое научное значение и широкое применение в технике. Имеется несколько технич. методов ведения этого процесса. А) Метод Клайзера: Ктр. состоит из 4 отдельных слоев сетки из сплава Pt с небольшими количествами Pd и Ir. Кайзер первым стал применять Pt в виде сетки, т.к. это увеличивает поверхность контакта и тем самым повышает выходы. По методу Кайзера работал з-д в Шпандау (Германия). В России И. И. Андреевым, с нек-рыми изменениями в методах, был построен такой же з-д около Харькова. Б) Метод Франка и Каро: смесь воздуха с 12,5% NH<sub>3</sub> подогревается в специальных подогревателях до 200°, после чего пропускается над Ктр. при темп-ре ~ 800°. Ктр. служит платиновая сетка (1 000 отверстий на 1 см<sup>2</sup>) общ. веса 333 г. Вследствие чистоты поступающих газов активность Ктр. не уменьшается даже после полугода работы. В) Способ фирмы Байер (в Леверкузене) значительно отличается от предыдущих. Реакция ведется при 700—800°; Ктр. являются неблагородные металлы; точный состав Ктр. неизвестен; он состоит из Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с промотерами (вероятно, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и BiCl<sub>3</sub> в виде гранул. Выходы по этому способу несколько ниже и достигают 80—85%. Каменные газы при описанных процессах заключают в себе около 10% NO, которую окисляют воздухом в NO<sub>2</sub> и затем действием воды переводят в к-ты:



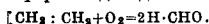
Т.к. полного поглощения полученных окислов азота водой достигнуть нельзя, то применяется последующее поглощение щелочью, к-рая превращает остаток окислов в смесь нитрита и нитрата:



Поверхностное горение сопряжено с полным окислением молекулы горящего тела. Разработка этого явления принадлежит Bone, McCourt и др. (1902—14 гг.) в Англии, а также Шнабелю в Германии, которые применили этот принцип для технич. целей. Если какой-либо горючий газ в смеси с воздухом, взятым в количестве, достаточном для полного окисления, продуть через пористую пластинку из огнеупорного материала, то после зажигания газа, прошедшего через поры, происходит ровное беспламенное горение в поверхностном слое пластинки, и последняя раскаляется добела. Ускорение сгорания зависит от физич. условий и от химической природы поверхности. Степень ускорения сгорания растет с повышением f<sup>0</sup> поверхности, так что поверхности, мало активные в холодном состоянии, при разогревании дают эффект, равный действию высокоактивной поверхности. Ускорение поверхностного горения зависит от адсорбции (окислов) горючего газа, причем горение происходит не во всей массе, но в слое глубиной не более 4—7 мм. Во время горения пластинка электрически заряжается вследствие потери электронов раскаленной массой. На принципе поверхностного горения

ностроеномного приборов, обладающих большой экономичностью: кухонные плиты, печи для нагрева реторт и тиглей, трубы для нагрева паровых котлов. В последнее время появились приборы поверхностного горения, где пористая пластинка заменена пористыми шарами различного диаметра, что еще удобнее. Паровые котлы поверхностного горения сконструированы так, что трубы котла набиты кусками огнеупорного материала (кальцинированная магнезия или карборунд). Котлы эти были установлены впервые на заводах Skinningrove Iron Works в 1911 г. и имели КПД ок. 90%. На принципе поверхностного горения и катализом, действия поверхности основаны также друмлинов свет, горелки Ауэра и т. д. Каталитич. реакции поверхностного окисления нашли применение и в военном деле, для перевода CO в CO<sub>2</sub> (см. Готкампт, Противогазы).

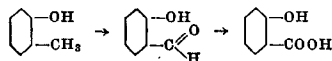
Частичное окисление применяется гл. обр. в органических синтезах; при его помощи разрешается проблема превращения углеводородов в более ценные соединения — спирты, кетоны, альдегиды и к-ты. Методика окисления в общих чертах заключается в проведении паров окисляемого тела, в смеси с воздухом, через слой Ктр. при нагревании. Непредельные углеводороды (олефины) при подобном окислении в присутствии WO<sub>3</sub> и MoO<sub>3</sub> дают формальдегид:



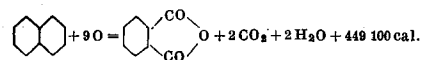
Ацетилен с AuCl<sub>3</sub> в водном растворе окисляется в глиоксаль и далее в щавелевую кислоту, с выходами до 80—85%:



Довольно крупное технич. значение имеет окисление высших парафиновых углеводородов в кислоты. Для этого процесса используют твердый парафин, который окисляют сжатым воздухом при нагревании в присутствии раствора соды. Ароматич. углеводороды в присутствии Ктр. (лучшие: V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MoO<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) дают разнообразные продукты окисления. Н. Е. Орлов и другие получали над платиной из толуола бензальдегид, из ксилолов — смесь метилбензальдегида, фталальдегида и различных к-т; о-крезол при окислении над металлич. Ктр. образует салициловый альдегид и салициловую к-ту:

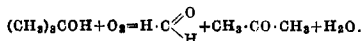


Многочисленные патенты выданы на окисление нафталина или тетралина (тетрагидронафталина) во фталевый ангидрид:

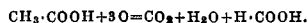


Большое технич. значение имеет окисление антрацена в антрахинон при 450° в присутствии V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> или V(OH)<sub>3</sub> и H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> с 2% воздуха; выход доходит до 80%. При более энергичном окислении ароматич. углеводороды расщепляются. Бензол при постепенном окислении дает последовательно хинон и малениновый ангидрид, к-рый далее распадается с образованием CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. Каталитическим окислением спиртов можно получать

альдегиды, кетоны и к-ты. Первичные спирты жирного ряда с Ктр. Ag дают 70—90% альдегидов, вторичные спирты окисляются труднее, но выходы кетонов достигают 90%. Третичные спирты в этих же условиях разлагаются на формальдегид, кетон и воду:



Ароматич. спирты при окислении над платиновой черной дают альдегиды: бензойный, кориичный и т. д. Окислением изованнола в технике получают ванилин. Борнеол с Cu при 200° дает 80% камфоры. Далее, альдегиды и кетоны легко переводятся каталитическим окислением в кислоты. При окислении карбоновых кислот чаще всего отщепляется CO<sub>2</sub> с образованием низших кислот, например:

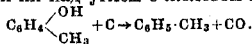


2) Г и д р о г е н и з а ц и я (гидрирование). Эти реакции известны довольно давно, но всестороннее изучение их, выработка методики и приложение к технике относятся к успехам новейшей химии (см. Гидрирование). Способы гидрогенизации без давления разработали Сабатье, Сандерен, Майль, Мюра, Броше, Вильштеттер, Пааль, Скита и др. В России Ипатьев создал совершенно особый метод гидрогенизации под давлением. Гидрогенизация без давления заключается в пропускании паров гидрируемого вещества вместе с водородом над Ктр. Согласно Сабатье Ктр. для этой цели являются Ni, Co, Pt, Fe и Cu (расположены в порядке уменьшения активности). Гидрогенизация ведется при различных темп-рах, в зависимости от вещества, но t° выше 300—350° мало применимы, т. к. при этом выходы уменьшаются; особенно важна чистота водорода, т. к. Ктр. очень чувствителен даже к следам ядов. Вильштеттер разработал метод гидрирования с Pt- и Pd-чернью, внося их во взвешенном состоянии в раствор реагентов и взбалтывая, при одновременном пропускании водорода. Этот метод гидрогенизации очень точен и позволяет останавливаться на любой стадии восстановления. Впервые он был применен Фокиным при гидрировании олеиновой к-ты в стеариновую к-ту. Пааль и Скита применяют метод гидрирования, стоящий на грани между К. гомогенным и гетерогенным. Ктр. здесь служат коллоидные растворы Pt и Pd, полученные по Бредигу и стабилизированные защитными органич. коллоидами; гидрогенизация ведется обычно в водных, водноспиртовых или уксуснокислых растворах. Метод Келле позволяет применять коллоидные Os и Ir. Способ Броше занимает среднее место между гидрированием под давлением и без давления. Броше пользуется автокламом с мешалкой; реагирующая смесь заливается в него на 2/3, вводится 5% Ктр. и водород под давлением 15—20 atm; водород добавляется по мере его израсходования.

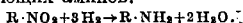
Гидрогенизация под давлением (метод Ипатьева) производится в б о м б е И п а т ь е в а — специально сконструированном им аппарате для высоких давлений (фиг. см. в ст. Гидрирование). Последний состоит из



восстановить далее в углеводороды при пропуске их над углем с железом при 430°:

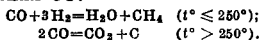


Фенолы можно превратить в углеводороды и обычным гидрированием. Первые смолы (Uhrteer), к-рые получают при перегонке углей при низких  $t^\circ$ , дают превосходное тяжелое топливо для дизелей, но присутствие в нем фенолов крайне вредно для моторов. Вместо выделения фенолов гораздо рациональнее превращать их гидрированием в углеводороды, пригодные в качестве моторного топлива. Ф. Фишер редуцирует фенолы в смолы, пропуская последнюю через нагретую железную внутри луженую трубку в токе водорода или водяного газа. Нитросоединения, ароматические и жирные, при гидрировании дают хорошие выходы соответствующих аминов:



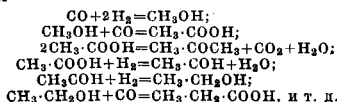
В случае нитробензола анилин получается лишь при малоактивном Ктр., т. к. он легко гидрируется далее в циклогексиламин. На способы получения анилина из нитробензола взято много патентов. Лучшими являются способ Броуна и Генке (при 230° с Sn, SnO и SnO<sub>2</sub>) и способ Пома и Пеллерины, которые ведут реакцию в смеси нитросоединения с водой при 4—5 atm и 50—60° с 0,5% Ктр. (Ni, Co, Cu, Fe) на индифферентном субстрате из угля, пека или кварца.

Синтезы из водяного газа. Среди разнообразных синтезов, основанных на реакциях гидрирования, к-рые распространяет и пользуется современная химия, индустрия, важное место занимают синтезы из водяного газа и других газов, являющихся отбросами заводских процессов. При помощи Ктр. из малоценных газовых смесей удается получать такие ценные вещества, как жидкое моторное топливо, высшие спирты и кетоны, углеводороды и т. д. Первые попытки соединения СО и Н<sub>2</sub> в жидкие продукты производили Лозанич и Ивичич (1897 г.), подвергавшие смесь этих газов действию электрич. разрядов. При этом ими был получен формальдегид, к-рый конденсировался в маслянистые продукты. Ацетилен с СО в тех же условиях дает светлокочеричную твердую массу, этилен—желто-красное масло, а бензол—густую темную жидкость. Сабатье действием водорода на СО при 250° получил нацело метан; выше этой  $t^\circ$  идет уже процесс разложения СО:



Метан пробовали также получать прямым гидрированием угля; найдено, что без Ктр. эта реакция идет только при 1200°, но в присутствии Ni и Со—при более низких  $t^\circ$ . Ипатьев из СО + Н<sub>2</sub> при 510—525° под давлением получил лишь 6,5% СН<sub>4</sub>. Восстановление СО<sub>2</sub> идет в первой фазе до СО, а затем приводит к образованию СН<sub>4</sub>. В настоящее время разработаны технич. методы получения СН<sub>4</sub> из СО и СО<sub>2</sub> при помощи К. Синтезы из СО + Н<sub>2</sub>. В 1908 г. Орлов получил из смеси СО + Н<sub>2</sub> при 100° несамостоятельные углеводороды, пользуясь Pt и Pd на асбесте. Ф. Фишер и Тропш в 1913—14 гг.,

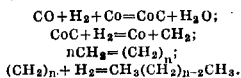
работая с водяным газом, содержащим избыток водорода, получили смесь углеводородных соединений, названную с и н т о л о м; эта смесь в качестве горючего с успехом может заменять керосин. Синтол получают при циркуляции газов под давлением 150 atm при 410—450° над содержащим щелочь Ктр. Согласно данным анализа синтол представляет собою сложную смесь, которая содержит: 29% алкогелей, альдегидов и кетонов и 48% масла, летучего с паром, содержащего высшие спирты, альдегиды и кетоны. Кроме того в условиях опыта получения синтола образуется: 10% различных органич. кислот и 2% конденсатов, не летучих с паром. Синтол—светложелтая жидкость, не темнеющая при стоянии, уд. в. 0,8289, начинает застывать при -30°, окончательно затвердевает при -90°. Синтол, освобожденный отмыванием от органич. к-т, представляет собою топливо с теплотворной способностью 7 500—8 200 Cal (керосин дает 11 000 Cal). Выход—3 кг из 10 м<sup>3</sup> газа. Авторы метода полагают, что во время реакции сначала получается растворимая в воде смесь спиртов, альдегидов, кетонов и кислот (п р о с и н т о л), которая при дальнейшей конденсации образует нерастворимый в воде синтол. Процесс образования синтола протекает вероятно по следующей схеме:



При нагревании в автоклаве под давлением (в отсутствие СО) синтол отщепляет воду и переходит гл. обр. в нафтоновые углеводороды с ясно выраженным нефтяным запахом (вероятно высшие алкоголы переходят с отщеплением воды в олефины, а последние, с замыканием кольца,—в нафты). Этот нефтеподобный продукт превращения синтола называется с и н т и н о м. Несомненно было бы значительным успехом, после экстракции из угля первичной смолы, газифицировать полуккок, от него переходить к водяному газу и из последнего получать синтол. Этот метод гайт в себе большие перспективы для стран, богатых углем и бедных нефтью.

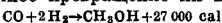
С и н т е з н е ф т и. Фишер и Тропш действием различных Ктр. на водяной газ получили в небольших размерах синтетич. нефть. Авторы заметили, что применение в качестве Ктр. Fe и ZnO увеличивает количество нефтяных углеводородов, применение же Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> дает смесь, богатую твердыми парафинами. Для реакции необходим Ктр., содержащий щелочь, так как щелочи значительно активируют процесс. Из большого числа испытанных Ктр. лучшими оказались Со и Pd; активаторами, повышающими выходы, являются ZnO, BeO, Mg(OH)<sub>2</sub>, Mn(OH)<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Pd, Cu, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и следы щелочей. Синтез ведется при 250° под нормальным давлением. В числе продуктов получают: 1) газ о л ь, горючий газ, состоящий гл. обр. из смеси С<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, С<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>H<sub>2</sub>; 2) синтетич. бензин (20%) с  $t^\circ_{\text{кип.}}$  30—170°, гораздо более чистый, чем пещильванский; 3) керосинообразный продукт (22%) с  $t^\circ_{\text{кип.}}$  170—

330°; 4) чистый твердый парафин с  $t^{\circ}$  пла. около 61°. Образование углеводородов авторы объясняют промежуточным возникновением карбидов; например для Ктр. Со реакция м. б. представлена так:



Способ этот наравне с синтольным методом вероятно вскоре разовьется, т. к. при помощи его можно будет успешно превращать бесполезные топочные газы в жидкое топливо, являющееся пульсом современной промышленности.

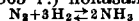
Синтезы метилового спирта. Попытки получения метанола из водяного газа делались давно; первых положительных результатов достиг в 1921 г. Кальверт (с выходами до 80%). Согласно Кальверту (подробного описания метода не имеется) водяной газ можно получать из всяких отбросов—коксовой и угольной пыли, древесных опилок и т. д., благодаря чему синтетич. метанол д. б. гораздо дешевле древесного. По патенту Леша (Lush) водяной газ быстро пропускается под давлением над Ктр., состоящим из 4 ч. Ni, 1 ч. Cu и 5 ч. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; этот метод дает однако наряду с метанолом много формальдегида и продуктов его полимеризации. Наилучших результатов достиг Г. Патара: путем циркуляции водяного газа или смеси СО с избытком Н<sub>2</sub> над Ктр. достигается полное превращение их в метанол:



Восстановление идет лучше всего при 400—420° под давлением 150—250 atm, в присутствии ZnO, осажденной на асбесте. Из 300 м<sup>3</sup> газа получается 100 л 80%-ного метанола. Митташ, Пиер и Винклер на заводе BAMAG производили те же опыты, но с др. Ктр., состоящими из окислов металлов с разнообразными активаторами (ZnO + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO + V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CdO + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и т. д.). Им удалось добиться прекрасных результатов при давлении 50—100 atm и 400°. Для получения синтетич. метанола нет необходимости иметь чистый водяной газ. Варианты в составе исходной газовой смеси м. б. очень разнообразны при условии отсутствия каталитич. ядов; присутствие азота даже в избытке лишь несколько замедляет реакцию. В случае избытка СО или Н<sub>2</sub> против стехиометрической пропорции синтез идет со скоростью, пропорциональной парциальным давлениям. Необходимыми условиями при синтезе метанола являются: 1) отсутствие в материалах аппаратуры Ni и Fe, каталитических превращающих спирт в метан, и 2) полное отсутствие щелочности в Ктр., так как иначе наступает синтолообразование. Аппаратура изготавливается поэтому из меди, серебра, алюминия или их сплавов; для мелких частей применяют сплавы цинка, сурьмы и свинца. Лучшим материалом являются специальные сорта стали: V<sub>2</sub>A Крупна, викрометалл и т. д. Синтез метанола, являющийся новым производством, быстро развивается: в 1927 г. в Германии получили уже свыше 20 т метанола в сутки. В последнее время появилось много патентов на вариан-

ты синтеза Патара. Напр. Вудфуд (Woodford) и Блоффилд (Blowfield) проводят газы при давлении 140 atm (2 000 фунт/дм.<sup>2</sup>) при 385—420° над Ктр. из окисей Zn, Cr, Fe; особенно рекомендуется ими ZnCl<sub>2</sub>. Compagnie de Béthune применяется хромоникелевый Ктр. при давлении 800 atm и 300°; выход около 75%. Société Française de Catalyse Généraleise применяется Ктр. из смеси Sr и Zn с PbO или Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при давлении 200 atm и 300°; выход метанола количественный.

Синтезы аммиака. Мировая азотная промышленность растет с каждым годом благодаря значению ее главным образом для производства удобрений и взрывчатых веществ. Все государства покровительствуют этой отрасли промышленности, т. к. природные запасы селитры истощаются и приходится переходить на синтетич. методы. Синтез азотной к-ты по Эйде и Биркеланду и синтез цианамидов кальция по Франку и Каро завоевали себе прочное положение в промышленности, но сильным конкурентам их является синтетич. аммиак, получаемый непосредственно из элементов при помощи различных Ктр. (см. Аммиак). Остин (1788 г.), Деви (1800 г.), Генри (1809 г.) установили, что при пропускании электрич. искры через смесь трех объемов водорода с одним объемом азота образуется два объема аммиака. Девиль (1865 г.) показал, что реакция



обратима. Лавати предложил синтезировать аммиак пропусканием смеси азота с водородом через сосуд, наполненный смесью титановой земли с платиной на пористом субстрате. Шарль Телье (псевдоним Dufregue) взял несколько патентов на синтетич. аммиак; он получал его в значительных количествах, пропуская смесь N<sub>2</sub> и 3H<sub>2</sub> над губчатым железом при яркочерном калении, причем им были разработаны технич. детали с применением давления до 10 atm. Дю-Мотай (Tessié du Mottay) взял патент на синтез аммиака из элементов при помощи нитрида титана при  $t^{\circ}$  красного каления. Ле-Шателье вывел теоретически, что синтез NH<sub>3</sub> возможен лишь при высоком давлении в присутствии Ктр.; экспериментальные исследования его были прерваны случившимся взрывом. Часть детальной разработки технич. синтеза NH<sub>3</sub> принадлежит Габеру, Нёрнсту и Оордту, Ле-Росиньюлю и Гринвуду. После долгих исследований и усовершенствований аппаратуры, с 1910 г., при поддержке BASF была осуществлена техн. эксплуатация способа Габера. Несмотря на различные затруднения Габер при помощи д-ра Боша с блестящим успехом сумел поставить свой синтез в градиозном масштабе. Первый завод их появился в 1913 г. в Опшау; в 1927 г. эдифи Леуна у Мерзебурга уже дали 340 000 т NH<sub>3</sub>.

а) В процессе Габера и Боша смесь газом готовится по способу Боша, применяемому BASF: в газогенераторных печах, питаемых коксом, получается смесь СО и N<sub>2</sub>, которая смешивается с водяным газом, полученным по методу BAMAG; эту смесь пропускают с избытком водяного пара над Ктр. из активированной окиси железа. После поглощения полученного СО, адсорберами с водой под давлением смесь содержит N и H



почти в стехиометрич. пропорции ( $N_2:H_2 = 1:3$  по объему). После последующей очистки и сушки смесь поступает в контактные аппараты. Удаление  $CO$  (являющейся ядом для Ктр.) путем промывания газов аммиачным раствором закиси меди—неудовлетворительно, так как при этом отлагается медь и раздается железная аппаратура. Несколько лучше действует закисная аммиачно-медная соль муравьиной к-ты, но поглощение  $CO$  получается неполное. В Оппау газы пропускают для очистки через стальные бутылки, под давлением  $200 \text{ atm}$ ; в первых восьми бутылках циркулирует указанный выше формиат меди, а в последующих—едкий натр при  $260^\circ$ . Для осушения газы пропускают над амидом натрия,  $NaNH_2$ . Для предохранения Ктр. от возможности отравления  $CO$  очень рекомендуется ставить «протектор» с Ктр., чаще всего с Fe или Ni, при условиях, обычно применяемых для гидрирования. Синтез  $NH_3$  выполняется при давлении  $200 \text{ atm}$  и  $t^\circ$  ок.  $500^\circ$ . В аммиак практически превращается 7—9% смеси на каждую контактную единицу; общий выход достигает 80% теории. Первоначально реакционные бомбы нагревались снаружи, но этот способ в настоящее время отобран, т. к. водород при высокой  $t^\circ$  декарбонизирует сталь. Новые типы аппаратов строятся из специальных сталей с малым содержанием углерода. Для начала реакция требует предварительного подогревания смеси или Ктр., после чего она поддерживается собственным теплом. Полученный аммиак сжижается в конденсаторах, а непрореагировавшая смесь возвращается в цикл.

б) Способ Клода характерен «сверхдавлением» в  $1\,000 \text{ atm}$ , отчего получается лучший выход, т. к. для  $1\,000 \text{ atm}$  и  $550^\circ$  равновесие отвечает содержанию 41%  $NH_3$  (вместо 13% у Габера). Аппаратура построена из никельхрома или специальных сплавов «ATG», Vichronic. Оболочка катализаторной бомбы имеет толщину стенок 64 мм и длину ок. 2 м. Трубка с Ктр. привинчена снаружи, так что ее можно переменить в 10 мин. Контактных аппаратов четыре: через первые два газ идет параллельно, через два последних—последовательно. Смесь нагревается сверхкомпрессором при  $1\,000 \text{ atm}$  и через подогреватели подходит к «протектору» с Ктр., к-рый улавливает яды (гидрирует  $CO$  в  $CH_4$  и  $O$  в  $H_2O$ ). За протектором стоит холодильник, где конденсируются следы воды; чистые газы затем проходят через подогреватель, две первые бомбы с Ктр. и затем, после охлаждения и подогревания, через две последние бомбы. Непрореагировавшая смесь (около 20%) возвращается обратно, а полученный аммиак сжижается. Выход равняется 5 т сухого аммиака в день на 1 производственную единицу описанного типа.

в) Способ Казале отличается от способа Габера применением больших давлений; при этом выход  $NH_3$  достигает 20%. В большинстве установок системы Казале пользуются электролитическим водородом, к-рый освобождают от примеси кислорода каталитическим сжиганием соответствующего количества  $2H_2 + O_2$  в воду. Процесс синтеза  $NH_3$  ведется при  $750\text{—}800 \text{ atm}$  и  $400^\circ$ . Темп-ра

Ктр. поддерживается теплотой реакции после предварительного подогрева. Ктр. служит железом или окисью его с различными активаторами (Co, Ni, Mn, Mo, W, U), а также с углем или окисями легких металлов (Mg, Al, Ca), которые являются одновременно и субстратом и активатором.

г) В способе Фаузера азот очищается от остатков кислорода и от примесей  $NO$  пропусканием над медью при  $400^\circ$ . Смесь проходит при  $250 \text{ atm}$  и  $500^\circ$  через восемь контактных башен. Ктр.—окись железа с добавкой 4—5% активаторов. Продукция—до 10 т в день на производственную единицу.

д) В способе Мон-Сени (Mont-Cenis) смесь нагревается в Ктр. под давлением ок.  $80 \text{ atm}$ , причем 10—20% азота переводится в аммиак. Ктр.—железо с комплексными алюможелезосинеродистыми солями (точный состав его держится в секрете), отличающийся особой активностью. Темп-ра реакции—около  $400^\circ$ . Так как и давление и температура реакции низки, то аппаратура может быть изготовлена из обычной сименс-мартевской стали.

е) Способ Целербурга (Norsk Hydro-Electrisk) применяется в качестве Ктр. комплексные феррицианиды со щелочными металлами. Сейчас известно кроме перечисленных еще много способов синтеза  $NH_3$ , но все они являются только вариантами указанных. Углекислота, к-рая в процессе Габера и Боша при очистке газов поглощается в scrubберах (на 1 т  $NH_3$  получается 45 000 ф.  $CO_2$ ), находит применение для получения аммонийных солей.

В настоящее время синтезы аммиака в мировой азотной промышленности занимают доминирующее место. Мировая добыча связанного азота по отдельн. отраслям промышленности распределяется так (%):

	1913 г.	1926 г.	1927/28 г.
Связанный азот из воздуха . . . . .	7,1	55,8	55,9
Аммиак из каменного угля . . . . .	36,7	23,6	16,5
Чилийская селитра . . . . .	56,2	20,6	27,8

Принимая во внимание все строящиеся заводы, можно считать, что на 1930/31 г. будет получено синтетич. методами 2,2 млн. т связанного азота. Германия по синтезу аммиака занимает первое место, т. к. способ Габера и Боша в ней используется еще и для других целей, требующих высоких давлений: в Леуна и Оппау на габеровских установках работают заводы искусственного бензина. В виду своей относительной простоты синтез аммиака в настоящее время обходится дешевле всех остальных методов получения связанного азота. Каро указывает, что цанамидный способ может идти наравне со способом Габера лишь при наличии дешевой электроэнергии. В настоящее время во всех странах промышленность синтетич. аммиака широко развивается. Крупнейшими азотными синдикатами являются: I. G. в Германии, Азотный синдикат Каро и концерн Кульмана во Франции, Nitram Ltd. в Англии, Dupon de Nemour в Соединен. Штатах Америки, концерн Монтекатини в Италии. Продукция связанного азота из воздуха на 1927 г. составляла (в т):

Германия . . . . .	450 000	Англия . . . . .	14 400
Франция . . . . .	43 000	Бельгия . . . . .	12 000
Италия . . . . .	34 500	Испания . . . . .	6 000
США . . . . .	32 450	Швейцария . . . . .	2 200
Япония . . . . .	27 000		

3) Дегидрогенизация (дегидрирование). Для процессов дегидрогенизации Ктр. являются те же вещества, что и для гидрогенизации. Обычно дегидрогенизация наступает при более высокой  $t^{\circ}$ , чем гидрирование. Ипатьев, Сабатье и др. показали, что в случае альдегидов, кетонов и спиртов существует равновесие, когда скорости гидрогенизации и дегидрогенизации взаимно уравновешиваются. Дегидрогенизация органических соединений с открытой цепью обычно протекает сложно, с образованием многочисленных продуктов, расщеплением цепей и выделением угля. При этом одновременно имеют место два основных процесса: а) распад сложных молекул на более простые и б) полимеризация обрывков цепей в высокомолекулярные продукты. Разложение ацетиленов над Ni, изученное Сабатье, приводит при  $150^{\circ}$  к образованию сложных керосиноподобных смесей жирных, жирно-ароматич. и ароматич. углеводородов.

Крекинг нефти. Дегидрогенизация имеет в технике большое значение для получения из высококипящих масел более низкокипящих продуктов разложения, которые заменяют бензин. Это было впервые отмечено в 1792 г. Мердоком, который при нагревании тяжелого масла получил смесь горючих газов. Расщепление масел при крекинге доводится до образования лишь жидких продуктов; при дальнейшем повышении  $t^{\circ}$  происходит дальнейшая дезагрегация цепей, с образованием газов и угля. Последние процессы называются пиролизом. Обычно крекингу (см. *Крекинг-процесс*) подвергают не сырую нефть, а нефтяные потоны—пировафт, соляровые масла—с целью получения из них бензина. При  $600-900^{\circ}$  наступает пиролиз с образованием газов; поэтому крекинг ведут при  $300-600^{\circ}$ , причем получается смесь предельных и непредельных углеводородов. В имеющихся условиях непредельные соединения обычно полимеризуются и дают смолистые продукты, к-рые в свою очередь распадаются, давая в числе продуктов уголь и водород. Крекинг нередко ведут в присутствии Ктр.; Ипатьев нашел, что хорошим Ктр. для этой цели является глинозем. Ипатьев в 1907 г. и Сабатье в 1909 г. соединили крекинг с гидрогенизацией—для перевода непредельных углеводородов крекинга в предельные. Сабатье с Ni при  $150^{\circ}$  или с Fe при  $400^{\circ}$  получил до 75% предельного бензина. Шпидлер в 1928 году описал интересный способ получения насыщенных и ненасыщенных цепных и кольчатых углеводородов путем пропускания этилена через различные Ктр. (Fe, Ni, Co, Cu, Cr, V, Se, Pt, Pd) при  $500^{\circ}$  и давлении  $1\ 000\ atm$ . Действием пламенной дуги при  $1\ 300^{\circ}$  и  $650\ atm$  на  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$  и т. д. в присутствии Se, Te, Th, силикагеля, активированного угля—эти углеводороды м. б. целиком разложены на ацетилен и водород.

Крекинг под давлением дает меньший % газов и смол и большие выходы бензина.

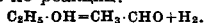
Крекинг бакинской нефти с  $t^{\circ}_{кип.}$  360— $420^{\circ}$  под давлением 420—450 atm дает (из 500 л): 50—100 л газов (80%  $CH_4 + 20\%$  непредельных углеводородов), 320 л масла (90% с  $t^{\circ}_{кип.}$  до  $280^{\circ}$ ) и 50 л пека. При новейших способах крекинга применяются невысокие давления порядка 10—15 atm при темп-ре  $500-600^{\circ}$ . В год крекируется ок. 10 млн. м<sup>3</sup> нефтяных потонов. Введение вместе с нефтью паров воды уменьшает нагар и образование кокса, так как вода окисляет уголь в CO, давая водяной газ. Часто крекинг ведут с водородом и Ктр. в условиях, напоминающих бергинизацию (см. *Жидкий уголь*).

При крекинге углеводородов с открытыми цепями получаются всегда и кольчатые углеводороды, очень стойкие к награву. Ароматич. углеводороды в этих условиях уплотняются в многоядерные или конденсированные циклы. На этом принципе основаны заводские способы получения дифенила из бензола, дитолила из толуола, а также различные конденсации, связанные с дегидрогенизацией, напр. переход дибензила в фенантрен, дифенилметана во флуорен и т. д. При помощи этого метода получаются трудно доступные: флавантрен, бензодиаптроны, перилен, бензаптрон, нафтодиаптрон, виолантрен, различные дериваты пирантронов и т. д., представляющие собою сложные системы из 5—10 конденсированных бензольных колец. Дегидрирование простых циклич. соединений с 1—2 шестичленными кольцами, насыщенными водородом, идет легко при пропускании их паров через трубку с Ктр. В качестве последнего особенно пригодны Ir, Rh, Pt, Pd. Обычно процесс идет несколько глубже и, вследствие частичного разрушения колец образуются также газы.

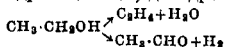
Исследование процессов дегидрирования с благородными металлами в качестве Ктр. принадлежит Сабатье и Сандерену, которые вели реакцию при  $400^{\circ}$  и не наблюдали при этом распада бензольных колец. Зелинский на основании опытов Ипатьева применил более доступный Ктр.—Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с алюминатом натрия [или Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub> с 50% Ni]; дегидрогенизация идет количественно без разложения при  $300^{\circ}$ . В технике способ дегидрогенизации циклич. соединений применяется для ароматизации нефти, т. е. для получения бензольных углеводородов путем отнятия водорода от нафтонов.

Водород как продукт разложения органических соединений получается иногда в больших размерах; катализатор. процессы имеют и здесь техническое значение. Carboneum-Gesellschaft получает водород разложением ацетиленов под действием электрич. искровых разрядов, причем одновременно получается хорошая ламповая копоть. BASF получает водород пропусканьем паров масла над Ктр., состоящим из MgO с 5% Ni, при  $800-1\ 000^{\circ}$ . Ринклер и Вольтер впрыскивают в нагретые генераторы смолу или масло и получают водород и уголь; вдвухзатем паров воды, они получают из отложившегося кокса и воды водяной газ.

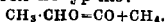
Дегидрогенизация спиртов применяется в промышленности для получения альдегидов по реакции:



Первое количественное исследование этой реакции принадлежит Ипатьеву, к-рый нашел, что при пропускании паров спирта через трубку при  $t^{\circ} > 700^{\circ}$  идет двоякое разложение: 1) дегидратация и 2) дегидрогенизация.

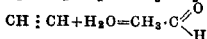
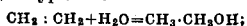


Выход альдегида — не выше 30%, т. к. часть его разлагается по ур-ю:



В присутствии Ктр. (лучшими являются Zn, Fe и Cu) темп-ра реакции снижается, и при  $200-500^{\circ}$  наблюдается значительный сдвиг равновесия в сторону образования альдегида, причем этиленовое разложение можно свести к нулю. С Zn можно получать 60—75% альдегида, с Fe и Cu — до 50%. Вторичные спирты при дегидрогенизации по Ипатьеву дают кетоны с аналогичными выходами; третичные спирты разлагаются при этих условиях на воду и непредельные углеводороды. Все сказанное относится также и к ароматич. спиртам. Путем пропускания метилового и этилового спиртов над различными Ктр. получают в заводских масштабах формальдегид и искусный альдегид (Кот д'Ор, Бургундия, Шампань, Ганновер и т.д.). При применении тех же Ктр. под давлением характер распада спиртов меняется и по термодинамике Ипатьева наступает «парафиновое» разложение, т. е. получаются предельные углеводороды с выходами в 40—70%.

4) Г и д р а т а ц и я. Каталитич. присоединение воды к непредельным соединениям этиленового и ацетиленового ряда идет по следующим ур-ям:



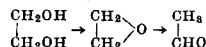
Теоретически по приведенным схемам можно ожидать получения спиртов и альдегидов. Получение винного спирта из этилена и из ацетилена в настоящее время производится в заводск. масштабе. В Англии из этилена, доставляемого газами коксовых печей, пропуская его через серную к-ту, содержащую 5%  $\text{СН}_2\text{O}$  и нек-рое количество ртутиной соли, получают до 50 млн. галлонов этанола в год. В основе получения этанола из ацетилена лежит реакция Кучерова, к-рый наблюдал, что при пропускании ацетилена в растворы солей ртути образуется искусный альдегид. Пользуясь этой реакцией, Нейман, Шнейдер и др. осуществили заводское получение этанола из карбида кальция: ацетилен пропускают через башни или ванны с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , содержащей 0,5—1,0%  $\text{HgSO}_4$ . Альдегид получается с выходами до 90%, после чего его гидрируют над Ni, по Сабатье, в этанол. В качестве Ктр. применимы также  $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и др.

5) Д е г и д р а т а ц и я. В качестве водоотщепляющих Ктр. применяются самые разнообразные вещества: минеральные к-ты, их соли и ангидриды, хлориды металлов, окиси, органич. кислоты и их ангидриды, а также некоторые металлы. Дегидратация органич. соединений ведет к образованию непредельных углеводородов, эфиров и полимерных продуктов. В промышленности имеют

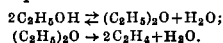
значение главным образом реакции образования олефинов и эфиров. Реакции дегидратации алкоколей под влиянием Ктр. открыты Ипатьевым. Для получения олефинов из спиртов применялась ранее цинковая пыль, дающая выход до 50%. Ипатьев нашел, что куски графита с глиной и примесью железа являются хорошим Ктр., который при  $500-600^{\circ}$  превращает этиловый спирт в этилен почти начело, но лучшим Ктр. для этого процесса является глинозем,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , к-рый дает выходы этилена в 98% без примеси альдегида. Аналогично распадаются все жирные первичные одноатомные спирты. Ароматич. спирты дают продукты глубокого уплотнения углеводородного характера; фенолы при действии  $\text{Al}_2\text{O}_3$  дают сперва алломинаты, которые при повышенной  $t^{\circ}$  разлагаются с образованием эфиров:



Лучшие выходы ароматич. эфиров достигаются с  $\text{ThO}_2$ ; этот Ктр. применяют в заводских синтезах. Терпеновые и алициклич. спирты при дегидратации дают олефиновые углеводороды. Гликоли действием дегидратирующих Ктр. под давлением превращаются в окиси, которые затем изомеризуются в альдегиды или кетоны:

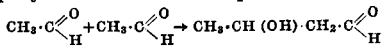


Циклогексанол дает циклогексен, борнеол — камфен, ментол — смесь ментенов. Вторичные спирты, равно как и третичные, дают лишь этиленовые углеводороды. Механизм дегидратации металлами и окислами объяснить трудно; некоторые авторы полагают, что Ктр. в условиях реакции имеет тенденцию к соединению с элементами воды. По этому представлению дегидратация спиртов идет в две фазы: сперва образуется эфир, к-рый далее теряет молекулу воды, превращаясь в олефин:

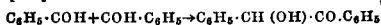


В атмосфере водорода под давлением спирт при  $400^{\circ}$  расщепляется на эфир и воду; при  $490^{\circ}$  начинает образовываться этилен. Вторичные спирты разлагаются быстрее, третичные — эфира не дают. Сабатье и Майль, применяя  $\text{ThO}_2$ , получали со спиртом комплексы вида  $\text{ThO}(\text{OR})_2$ , от которых действием  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{S}$  можно переходить к аминам, галоидопроизводным и меркаптанам. Выходы эфиров с  $\text{ThO}_2$  достигают 50%. При пропускании смесей паров фенолов со спиртами при  $390-420^{\circ}$  над  $\text{ThO}_2$  получаются смешан. жирно-ароматич. эфиры. Обычные способы получения сложных эфиров из к-т со спиртами также основаны на каталитич. ускорении реакции этерификации, что достигается действием сильных к-т (гомогенный К.) или пропуская паров спирта и к-ты через нагретую трубку. Здесь Ктр. служат некоторые металлич. окислы, способные давать нестойкие соединения со спиртами; на 1 молекулу кислоты берется до 12 молекул спирта; выходы достигают 80—90%. На описанных реакциях базируется современное производство простых и сложных эфиров.

б) Полимеризация и конденсация. Среди многочисленных реакций полимеризации, проводимых при помощи Ктр., технич. значение имеет альдольная конденсация двух частиц уксусного альдегида в присутствии  $\text{HCl}$  или  $\text{ZnCl}_2$ :



При нагревании ацетальдегида до  $100^\circ\text{C}$  со стружками  $\text{Zn}$  получается кротоновый альдегид,  $\text{CH}_3\text{.CH=C.H.CHO}$ . Бензальдегид при нагревании со спиртовым раствором  $\text{KCN}$  образует бензон:



Совершенно аналогично получается анизион из анизальдегида, куминоин из куминового альдегида и фуринон из фурфуrolа. Вероятно большое технич. значение приобретает реакция, впервые открытая Буллетом,—полимеризация формальдегида во фруктозу под катализ. действием известки:



Если пропускать пары метилового спирта в смеси с  $\text{CO}$  над  $\text{ThO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mn}$  при  $175\text{—}260^\circ$ , то получается уксусная кислота. Очень интересны патенты Дрейфуса, к-рый получает уксусную к-ту из метана и  $\text{CO}_2$  в присутствии солей  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$ . По другому способу того же автора,  $\text{CO}$  барботируют через теплый метанол, и паробразную смесь пропускают под давлением при  $t^\circ 300\text{—}350^\circ$  через зернистый Ктр. ( $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  или  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ); получается уксусная к-та, а при избытке метанола—ее метиловый эфир.

Реакции конденсации имеют большое технич. значение в производстве искусственных смол, к-рые получаютс конденсацией формальдегида с фенолами, крью, фурфуrolом, кумароном, инденом и др. (см. *Смолы искусственные*). Применение разнообразных Ктр., которые в данном случае называют м о д и ф и к а т о р а м и, позволяет получать смолы различной окраски, мягкости, плавкости и твердости.

7) Г а л о и д и р о в а н и е. Введение галогена в органич. соединения в присутствии Ктр. имеет технич. значение при хлорировании метана. При пропускании смеси  $\text{CH}_4$  и  $\text{Cl}_2$  над  $\text{CuCl}_2$ , распределенной на пемзе, при  $t^\circ 435^\circ$  получается смесь, состоящая из 5,4 ч.  $\text{CCl}_4$ , 4 ч.  $\text{CHCl}_3$ , 22 ч.  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  и 0,6 ч.  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . Хлорирование этана и высших парафинов может производиться с  $\text{J}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{FeCl}_3$ . Хлорированием в присутствии  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{FeSO}_4$  спирт переводится в хлорал. При бромировании ароматич. углеводородов в качестве Ктр. можно брать  $\text{AlBr}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ,  $\text{Fe}$  и др. Присоединение галогеноводородных кислот к непредельным соединениям без Ктр. идет плохо даже при  $150\text{—}200^\circ$ ; лучшими Ктр. для этой цели являются  $\text{BiCl}_3$  и  $\text{BiBr}_3$ , к-рые позволяют вести реакцию даже при обыкновенной  $t^\circ$ , а при  $120\text{—}150^\circ$  проводят ее очень быстро. Вибо (Wibaut) получал хлористый этил из светильного газа (в к-ром всего лишь 1—2% этилена), действуя на него  $\text{HCl}$  в присутствии  $\text{BiCl}_3$ .

8) О т р и ц а т е л ь н ы й К. Отрицательные Ктр. имеют практич. применение лишь

в целях «стабилизации» продуктов, когда необходимо предотвратить или замедлить химич. изменение вещества. Вода, к-рая в малых количествах играет роль положительного Ктр. для большинства химич. реакций, в больших количествах нередко оказывает отрицательное действие, замедляя например разложение аммиака, а также и обратный процесс синтеза его из элементов. Многие соединения изменяются вследствие *автоокисления* (см.); сюда относится напр. окисление альдегидов при их хранении. Предотвратить этот процесс можно прибавлением небольших количеств фенола, к-рый каталитически тормозит автоокисление. Тиомочевина, гидрохинон, фенол и другие вещества предохраняют многие тела от полимеризации, разложения или окисления: такие отрицательные Ктр. носят название с т а б и л и з а т о р о в; те из них, к-рые специфически замедляют окислительные процессы, называются также *антиокислителями* (см.). 30%-ная перекись водорода (пергидрол) разлагается довольно быстро, но прибавление барбитуровой к-ты, фенацетина или некоторых производных мочевины значительно замедляет процесс, так что продукт выдерживает перевозку и хранение. Хлороформ предохраняет от разложения прибавлением спирта, выцветающие краски стабилизируют фенолом. Защита металлич. поверхностей от окисления и коррозии достигается применением  $\text{SnCl}_4$ , к-рый защищает железо от действия воздуха и слабых к-т; таким же образом действуют хроматы и бихроматы. Соли железа предохраняют медь от коррозии.

Большое значение имеют отрицательные Ктр. в области двигателей внутреннего сгорания, где в настоящее время широко применяются т. н. *антидетонаторы* (см.), прибавляемые в небольших количествах к жидкому горючему. В качестве антидетонаторов применяются: диэтилселид ( $\text{C}_2\text{H}_5$ )<sub>2</sub>Se, диэтилтеллурид, ( $\text{C}_2\text{H}_5$ )<sub>2</sub>Te, тетраэтилсвинец, ( $\text{C}_2\text{H}_5$ )<sub>4</sub>Pb и другие вещества.

Лит.: Ипатьев В., Роль окислов в явлениях катализа, «Ж», 1907; е го же, Каталитические реакции при высоких температурах и давлениях (Докл. диссерт.), СПб., 1907; Учение о катализе, сборник «Новые данные в химии», 4 т., 1924; Д ж о б и н Г. Е., Катализа и его применение в технике, М.—Л., 1925; Сыркин Я. К., Катализа, «ЖХП», 1926, т. 3, стр. 1034, 1116, 1197; Челенцев В. В., Контакт-катализ, процессы в области органических соединений, Л., 1927; Рабинович А. И., О механизме гетерогенных реакций, «Сообщения о научнотехнич. работах в Ресублике», вып. 22, Л., 1927; W o s t e G., Die Katalyse, Die chemisch. Catalyse, hrsg. v. B. M. Margosches, B. 11—12, Stuttgart, 1910. B. 21—22, Stuttgart, 1915; H e n d e r s o n G., Catalysis in Industrial Chemistry, L., 1921; M a i l l e A., Etat actuel de la catalyse. Les actualités de chimie contemporaine, publ. par A. Haller, série 1, Paris, 1922; F a l k K. O., Catalytic Action, N. Y., 1922; P a s a l P., Synthesen und Catalyses industrielles, P., 1925; B i d e a l E. and T a y l o r E., Catalysis in Theory and Practice, L., 1926; M i t t a c h A., Bemerkungen z. Katalyse, «B», 1926, Jg. 59, p. 13; Structure et activité chimiques. Rapports et discussions, Institut International de Chimie Solvay, Paris, 1926; S a b a t i e r P., Die Katalyse in d. organischen Chemie, 2 Aufl., Lpz., 1927; R i d e a l E., Catalytic Action, «Chemical Reviews», Baltimore, 1928, v. 5, p. 67; B r o n s t e d I., Acid and Basic Catalysis, Ibid., p. 231—338; Homogeneous Catalysis, Discussion, «Trans. of the Faraday Soc.», L., 1928, v. 24, p. 545—696; F r a n k e n b u r g e r W., Neuere Forschungen auf d. Gebiete d. heterogenen Katalyse, «Z. ang. Chem.», 1928, Jg. 41, p. 523, 561; G r e e n B. J., Industrial Catalysis, L., 1928; H i l d i t c h T., Catalytic Processes in Applied Chemistry, L., 1929. В. Ипатьев.

**Каталитические процессы в технике.**  
**В. Яновский.**

Катализаторы, выделенные жирным шрифтом, употребляются предпочтительно перед остальными; к этим же катализаторам относятся и приводимые условия процесса (t° и давление). Залпыме между ф-лами вещества, стоящими внутри скобок, означают «или».

№	Реакции	Употребляемые или предложенные катализаторы	Условия процесса		Вещества, активизирующие катализатор («активаторы»)	Вещества, отравляющие катализатор («каталитич. яды»)	Автор метода
			t°	давление, atm			
<b>I. Восстановление, гидрогенизация</b>							
1	Синтез аммиака из азота и водорода ( $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ )	Fe, Ni, Os, Mn, Cr, Mo, W, U, Ce; Pd+Mo; Fe+(Mo, W, U, Co, Ni, Cr, Mn, Ti, MgO, CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> ); карбиды и нитриды тяжелых металлов; карбид U; Li <sub>3</sub> N+(MgO, CaO); Fe+AlFe(CN) <sub>6</sub> (?)	400-600	80-1000	Окиси тех же металлов; K <sub>2</sub> O; MgO; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; SiO <sub>2</sub> ; ZrO <sub>2</sub>	S, Se, Te, P, As, B и их соединения; CO; углеводорода	Haber, Bosch, Mittasch, Claude, Casale
2	Гидрирование непредельных органических соединений То же	Pt, Pd; Ni, Co, Cu, Ag, Au, Ca; CuO; CuO+Fe Cu+(CuO, Cu <sub>2</sub> O)	0-250 270-300 (для алифатич. соединений)	1 ≥ 1	— NaOH, KOH, LiOH, BaO, SrO, CaO, MgO, ZnO; карбонаты, фосфаты и бораты щелочных металлов	— CO	Sabatier и др. —
3	Гидрирование (отверждение) жиров То же » »	Ni; Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; NiO; соли Ni Ni Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; NiO; CuO Pd, Pt, Fe, Cu; (Pd, Pt) + (Mg, Ni, Co, их окиси, карбонаты и другие соли); окиси, гидроксиды и соли Pt и Pd	190-250 120-200 230-300 20-80	≥ 1 20-35 1-3	Mg; MgO	Cl <sub>2</sub> ; HCl; H <sub>2</sub> S; SO <sub>2</sub> ; CS <sub>2</sub> ; CO; HCN; бензин	Normann, Erdmann, Lush Ипатьев Paal, Skita, С. Фокин
4	Гидрирование ароматич. соединений (получение тетралина, декалина, гидроароматических спиртов, аминов, кислот и т. п.) Фенол+3H <sub>2</sub> →циклогексанол	Ni; Pt, Pd; соли Ni; Ni+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; NiO; Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; CuO; Ni, Fe, Cu	150-260 250-400	1-40 100-110	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	Sabatier, Schroeter, и др. Ипатьев
5	Восстановительный крекинг нефтяных фракций или продуктов их пирогенизации в атмосфере H <sub>2</sub> →бензин	Ni	140-110	≥ 1	—	—	Sabatier
6	Ацетилен+3H <sub>2</sub> →искусственная нефть	Fe, Co, Ni	180-100	≤ 1	—	—	Sabatier et Senderens; Andry-Bourgeois
7	Гидрирование карбоновых кислот и т. д. + H <sub>2</sub> →первичные и вторичные спирты и т. д.	Ni, Co, Fe, Pt, Cu	100-200	1-15	—	Cl, Br, J, S; P, As	Sabatier, Senderens
8	Ацетальдегид + H <sub>2</sub> →этиловый спирт То же	Ni, Co; FeO Cu—пыль Cu	150-180 100-320 180-200	1 1 1	— — —	Cl, Fr, J, S; P; As; CH <sub>3</sub> -COOH	Sabatier et Senderens Armstrong Steimmig, Ulrich
9	Восстановление кубовых красителей розалитом (гидросульфит+формалин)	Соли Fe, Ni, Sn; антрахинон; пурпуровый индиан	20-100	1	—	—	Baumann, Wilhelm
10	CO+H <sub>2</sub> →формальдегид CH <sub>2</sub> O	Ni+Cu+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	150-300	10	H <sub>2</sub> O	—	Lush

13	CO+2H <sub>2</sub> →метиловый спирт То же	ZnO; CdO ZnO+(V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , W <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , UO <sub>2</sub> , CuO); MgO+Mo <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; CdO+(V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ); CeO <sub>2</sub> +Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> и другие смеси окисей металлов II и VI или VII групп	400-420 400-450	150-250 50-200	— —	— Fe; щелочи	Patart, Colvert Mittasch и др. (BASF)
13a	(CO, CO <sub>2</sub> )+(2÷3)H <sub>2</sub> →метиловый спирт	Cu+(Ag, Ce, Tb, Cr, U, Mn, Co); CuO+(Ag <sub>2</sub> O, UO <sub>2</sub> )+(Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ); хроматы, вольфраматы, молибдаты Cu и Ag и их смеси; Cu+Zn+ZnO	220-260	70-150	Соли Na	Fe	Schmidt u. Ufer (BASF) и др.
14	CO+H <sub>2</sub> →спирты, кетоны и т. п. (синтол) То же	Ni(восстановленный при 500-800°) Fe+(K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , KOH); Ni	380-430 400-450	~ 200 100-150	— —	— HCl	Woodruff & Bawlnster F. Fischer u. Tropsch
14a	(CO, CO <sub>2</sub> )+H <sub>2</sub> →высшие спирты, эфиры, альдегиды, кетоны и т. п.	Cu, Ag, Zn, Pb, Cr, Mn, Co; ZnO+Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +(K <sub>2</sub> O, BaO, PbO, K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , BaO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ); (ZnO; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , PbO, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MoO <sub>3</sub> , W <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , UO <sub>2</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CuO, Ag <sub>2</sub> O)+(хроматы, молибдаты, вольфраматы, марганцаты, уранаты и ванадаты Na, K, Rb, Ba)	450-500	180-200	Щелочи	—	Mittasch и др. (BASF); Patart
15	CO+3H <sub>2</sub> →метан	Ni, Co, Fe; Ni+(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , C); MnO	230-290	1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; CeO <sub>2</sub> ; V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	HCl	Sabatier et Senderens, Neumann
16	CO <sub>2</sub> +4H <sub>2</sub> →метан	Ni; Ni+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	300-400	1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; CeO <sub>2</sub> ; V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	»	Sabatier et Senderens, Neumann
17	CO+H <sub>2</sub> →углеводороды (искусственная нефть)	Co+Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; (Fe, Co, Ni, Pd, Cu)+ (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , UO <sub>2</sub> , U <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , окиси редких земель, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZnO, MgO, BeO, KOH, NaOH, SiO <sub>2</sub> , ант. уголь); (Fe, Co)+Cu; Fe+Co+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Ni+(ZnO, Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , OsO <sub>4</sub> )+(KOH, NaOH)	250-300	1	Окиси и карбиды тех же металлов	HCl; S и ее соединения	F. Fischer u. Tropsch
17a	То же—из CO+(0,3+0,5)H <sub>2</sub>	Ni+(ZnO, Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , OsO <sub>4</sub> )+(KOH, NaOH)	300-400	~ 100	—	—	BASF
18	Ароматич. нитросоединения + xH <sub>2</sub> →амины первичные То же (в жидкой фазе)	Cu; Au; FeO; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Sn и его соединения	180-400	1	—	—	Sabatier et Senderens и др.
18a	Восстановление нитробензола в анилины (действием Fe+HCl или CH <sub>3</sub> -COOH)	Ni, Co, Fe, Cu и их окиси	60-120	4-10	—	—	Poma e Pellegrini
19	Восстановление нитробензола в анилины (действием Fe+HCl или CH <sub>3</sub> -COOH)	FeCl <sub>2</sub> (образ. из введенного Fe)	100-120	1	—	—	Laurent
20	Нитробензол+3H <sub>2</sub> →анилин То же	Cu+(Zn, Mg, Fe, Ag); FeO; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Коллоид. Pd, Pt, Os, Ir	300-400 80-85	≥ 1 ≥ 1	— —	PH <sub>3</sub> ; H <sub>2</sub> S; CS <sub>2</sub> ; CO; C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ; (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	BASF Зайцев, Paal, Skita
20a	То же	Sn; SnO; SnO <sub>2</sub>	~ 230	1	—	—	Brown & Henke
20b	То же	TiO <sub>2</sub>	~ 250	1	—	—	Etsel
20c	То же	Pb, Bi, Ta	200-280	1	—	—	Brown & Henke
22	Ароматич. нитросоединения + (1,5-3)H <sub>2</sub> →авоки-, аво-, гидраво- или аминосоединения Получение фенола C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -OH из его гомологов+H <sub>2</sub>	Ni, Pt, Cu, Ag; NiCrO <sub>4</sub>	~ 400	1	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	Schmidt u. Seydel, BASF

**II. Окисление, дегидрогенизация**

1	Поверхностное сжигание газового топлива	Материал диафрагмы (MgO, карбонид, силикаты, алюмосиликаты)	600-2000	1	—	—	Bone, Schnabel, Lucke
2	Камерное производство серной к-ты (SO <sub>2</sub> →H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Окислы азота (кроме N <sub>2</sub> O)	30-90	~ 1	—	—	Clément, Desormes и др.
3	Контактное производство серной к-ты (SO <sub>2</sub> →SO <sub>3</sub> ) То же То же	Губчат. Pt, Rh Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (подчешанные огарки) V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; ванадаты Fe, Co, Cr, Ag; силикаты V	400-525 550-650 425-525	1 1 1	Fe; Al; SiO <sub>2</sub> — Соли K, Ce, Th	Hg, Pb, P, As, Sb, Se и их соединения; HCN; J H <sub>2</sub> O	Winkler, Knietisch и др. — —

№	Реакция	Употребляемые или предложенные катализаторы	Условия процесса		Вещества, активирующие катализатор (активаторы)	Вещества, оговаривающие катализатор («каталитич. яды»)	Автор метода
			°	давление, atm			
4	Окисление CO в CO <sub>2</sub> свободным кислородом	Губчат. Pt, Pd, Au; MnO <sub>2</sub> +CuO (гопкэлит)	Обычн.	1	—	H <sub>2</sub> O	—
5	Получение водорода из CO + H <sub>2</sub> O → CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Fe, Ni; Pd; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + MnO <sub>2</sub>	300-600	< 1	Щелочи; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Cu	—	Bosch (BASF), Maxted
6	Получение хлора из 4HCl + O <sub>2</sub> → 2H <sub>2</sub> O + 2Cl <sub>2</sub>	CuCl <sub>2</sub> ; NiCl <sub>2</sub> , FeCl <sub>3</sub> , PtCl <sub>4</sub> ; Pt; Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; CuCl <sub>2</sub> и другие хлориды; MgCl <sub>2</sub> + MnCl <sub>2</sub> + MgSO <sub>4</sub>	450-470	1	—	SO <sub>2</sub> ; SO <sub>3</sub> ; As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Deacon, Hurter
7	Получение свободной серы из 2H <sub>2</sub> S + O <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; актив. уголь; силикагель; боксит; вельдовский ил; уголь+NH <sub>3</sub> ; Pt; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100-400	1	—	—	Claus, Chance
8	Контактное окисление аммиака: NH <sub>3</sub> → NO (NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) То же	Rh, Ir; W, U; Be, Zn; Cu; Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , CeO <sub>2</sub> , ThO <sub>2</sub> , PbO <sub>2</sub> , CuO, Ag <sub>2</sub> O; MgPbO <sub>3</sub> ; (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + (Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , WO <sub>3</sub> , MnO <sub>2</sub> , CeO <sub>2</sub> , ThO <sub>2</sub> , CuO); Pt + Rh; Co(VCO) <sub>2</sub>	600-800	< 1	Окислы тяжелых металлов (Cr, Mn, Bi)	K-ты; Cl <sub>2</sub> , Br <sub>2</sub> , J <sub>2</sub> ; HF, HCl, HBr, HI; C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ; S, P, Si и их соединения, щелочные металлы	W. Ostwald и др.; Frank u. Caro; «F. Bayer & Co.»
8a	Контактное окисление аммиака: NH <sub>3</sub> → HNO <sub>3</sub> или нитрат	BaPbO <sub>3</sub> + BaMnO <sub>4</sub> (нитроксан)	300-450	1	—		CO <sub>2</sub> ; S; органич. вещества
9	Гидроароматич. и нафтеновые углеводороды → ароматич. углеводороды + H <sub>2</sub>	Ni; Co, Fe, Cu; Pt, Ir, Pd, Rh; Ni + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	250-360	1	—	—	Зеленский
10	Метан + O <sub>2</sub> → формальдегид То же	Cu, Ag; пемза, асбест CuO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; CuO + Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	500-600 450-500	1 < 1	CuO; Cu <sub>2</sub> O Окисл. гидроксидов и карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов	—	Glock Kaiser
11	Метилловый спирт + 0,5 O <sub>2</sub> → формальдегид То же	Фарфор, кирпич, кокс Pt Cu Ag, Au; Ag + (Pt, Rh) V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Cu, Ag	500-600 200-300 450-490 360-400 ~ 275 ~ 350	1 < 1 < 1 < 1 1	Щелочи	—	Hofmann, Trillat Tollens, Low, Orlov С. Фэнн, Moureu Bailly & Craver Ernst u. Sponzel
12	Метилловый эфир CH <sub>3</sub> O-CH <sub>3</sub> + O <sub>2</sub> → формальдегид	Ag	100-350	1	—	—	Holzvorkohl-Ind. Act. Ges.
13	Этиловый спирт + 0,5 O <sub>2</sub> → ацетальдегид	Ag	100-350	1	—	—	Moureu; Seth Bliss-Hunt
14	Вторичные спирты + 0,5 O <sub>2</sub> → кетоны	Cu, Ag	~ 500	1	—	—	Hunt
15	Спирты → альдегиды или кетоны + H <sub>2</sub> То же	Zn; латунь; Fe, Co Cu; Pt, Pd	500-650 200-350	1 < 1	Окисл. тех же или других металлов	—	Ипатьев Sabatier, Bouveault
15	Спирты → альдегиды или кетоны + H <sub>2</sub> То же	CdO, ZrO <sub>2</sub> , SnO, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , MoO <sub>3</sub> , U <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO	250-400	< 1	Окисл. тех же или других металлов	—	Sabatier, Mailhe
16	Циклич. спирты (борнеол, гераниол и др.) → циклическ. кетоны (камфора, цитрал и др.) + H <sub>2</sub>	Cu, Zn; Fe, Co; Pt	150-300	< 1	Щелочи; окисл. металлов	—	Sabatier et Senderens и др.
17	Этиловый спирт + O <sub>2</sub> → уксусная кислота	Pt; V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; Cu-пыль	100-370	1	—	—	Dreyfus, Mailhe и др.

18	Ацетальдегид + 0,5 O <sub>2</sub> → уксусная кислота	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; соли Mn; соли Co + соли Cr, Cu; окислы Ce, U, Mn, Fe; нитроглицерин, наолин	40-100	> 1	—	—	Dreyfus «Fr. Bayer & Co.» «Griesheim-Elektron» и др.
19	Этилен + O <sub>2</sub> → формальдегид То же	H <sub>2</sub> VO <sub>4</sub> ; H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ) + (SiO <sub>2</sub> , глина, шамот, MgO, H <sub>2</sub> , карбонаты) (NO, NO <sub>2</sub> ) + HgSO <sub>4</sub> [в растворе H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ]	450-500 ~ 375	1 1	—	—	Schmidt, Seydel и др. (no Willstätter) Mittasch и др.
20	Ацетилен + 2 O <sub>2</sub> → щавелевая к-та	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; окислы и соли Mo	40-60	1	—	—	Wacker u. Gruber
21	(Сахар, крахмал) + HNO <sub>3</sub> → щавелевая к-та	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CuO	20-40	1	—	—	Naumann, Kolsky
22	Толуол + O <sub>2</sub> → бензальдегид То же	ZnO, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Mo <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , UO <sub>3</sub> ; ZnO + Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Bi(VO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ; ванадаты Fe, Cr, Ag	250-280 350-500	1 1	—	—	Woog и др. Weiss, Downs, Mittasch и др.
23	Толуол + 1,5 O <sub>2</sub> → бензойная к-та	H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> VO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> (Уголь, кокс) + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; Sn(VO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	480-500 150-300	1 1	—	—	Schmidt, Seydel, Ufer Dennstedt; Woog
24	Антрацен + 1,5 O <sub>2</sub> → антрахинон	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; ванадаты Sn и Bi	375-470	1	—	—	Gibbs; Maxted
25	Бензол + 4,5 O <sub>2</sub> → малеиновый ангидрид	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> VO <sub>4</sub> V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; Sn(VO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub>	400-500 290-450	1 1	—	—	Mittasch и др. Weiss & Downs
26	Нафталин + 4,5 O <sub>2</sub> → фталевый ангидрид	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; ванадаты Sn и Bi	300-500	1	—	—	Wohl; H. Gibbs
27	Нафталин + конц. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → фталевый ангидрид	HgSO <sub>4</sub> ; CuSO <sub>4</sub> ; HgSO <sub>4</sub> + CuSO <sub>4</sub>	200-250	> 1	—	—	Sapper, BASF
28	Анилин + HNO <sub>3</sub> → нитроанилин	Fe; FeCl <sub>2</sub> ; (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HVO <sub>4</sub>	160-190	1	—	—	—
29	Диметиламин + KClO <sub>3</sub> или O <sub>2</sub> → метилнитролет	CuCl <sub>2</sub> , CuSO <sub>4</sub> ; соли Cu <sup>++</sup> + C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ·OH	~ 60	1	—	—	Lauth
30	Соли анилина + окислители → анилиновый черниль	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; OsO <sub>4</sub> ; соли V, Sn, Ce, U, Fe, Cr; K <sub>2</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> , K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> (n-фенилендиамин, n-аминофенол) + соли Cu <sup>++</sup>	20-40	1	—	—	Witz
31	Соли анилина + O <sub>2</sub> → анилиновый черниль	Синкатыны: MnO <sub>2</sub> , PbO <sub>2</sub> , Pb <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , ZnO, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , органич. соли Co, Mn, Pb; скипидар, капиноль	20-40	1	—	—	Grün
32	Защелачивание (высыхание) олифы	—	Обычн.	1	—	—	—

III. Галогидрогенование, обмен заместителей

1	SO <sub>2</sub> + Cl <sub>2</sub> → хлористый сульфурил SO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	Актив. уголь; камфора	0-20	1	—	—	Nielsens, Pope и др.
2	CO + Cl <sub>2</sub> → фосген COCl <sub>2</sub>	Актив. уголь (древесный, животный, костяной); SbCl <sub>5</sub> ; Pt	100-400	1-5	—	—	Schiel, Paterno
3	Присоединение галогена (Cl <sub>2</sub> , Br <sub>2</sub> ) по двойной или тройной связи	FeCl <sub>3</sub> , FeBr <sub>3</sub> ; S <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	—	—	—	—	—
4	Присоединение HCl (и HBr) по двойной связи То же	AlCl <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> , MgCl <sub>2</sub> , ZnCl <sub>2</sub>	15-100	10-60	—	—	Curme, Suida
5	Металлнич. хлорирование органич. соединений	BiCl <sub>3</sub> , BiBr <sub>3</sub> ; NiCl <sub>2</sub> , CoCl <sub>2</sub> , J <sub>2</sub> , S, P, уголь; JCl, FeCl <sub>3</sub> , MoCl <sub>5</sub> , UCl <sub>4</sub> , PCl <sub>5</sub> , PCl <sub>3</sub> , SbCl <sub>3</sub> , SnCl <sub>4</sub> , AlCl <sub>3</sub> , TiCl <sub>4</sub> , ZnCl <sub>2</sub> , AuCl <sub>3</sub>	100-200	1	—	—	Wibaut и др.
6	Металлнич. бромирование органич. соединений	J <sub>2</sub> , S; FeCl <sub>3</sub> , FeBr <sub>3</sub> , AlCl <sub>3</sub> , AlBr <sub>3</sub> , ZnCl <sub>2</sub> , HgCl <sub>2</sub> , HgBr <sub>2</sub>	—	—	—	—	—
7	Металлнич. иодирование органич. соединений	AlJ <sub>3</sub> , FeCl <sub>3</sub> , FeJ <sub>3</sub> ; P, JCl, HJO	—	—	—	—	—
8	Хлорирование ароматич. соединений в боковых цепях	PCl <sub>5</sub> , AsCl <sub>3</sub> , MnCl <sub>2</sub>	—	—	—	—	Silberrad
9	CS <sub>2</sub> + 3Cl <sub>2</sub> → четыреххлористый углерод CCl <sub>4</sub>	FeCl <sub>3</sub> , AlCl <sub>3</sub> , SbCl <sub>5</sub> ; J <sub>2</sub>	60-100	> 1	—	—	A. Hofmann
10	Фенолы + NH <sub>3</sub> → первичные ароматич. амины	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ThO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub>	400-450	1	—	—	Briner, Howald и др.
11	CO + NH <sub>3</sub> → синильная к-та HCN	ThO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; окислы Ti, Zr, Ce, V, Mo, U, их карбиды и силициды	430-600	1	—	—	G. Bredig, Elöd и др.

№	Реакция	Употребляемые или предложенные катализаторы	Условия процесса		Вещества, активизирующие катализатор («активаторы»)	Вещества, отравляющие катализатор («каталитич. яды»)	Автор метода
			t°	давление, atm			
12	$CO_2 + 2NH_3 \rightarrow$ мочевины $CO(NH_2)_2$	$Al_2O_3$ ; $NH_4Cl$ ; $CaCl_2$ ; $Ca(NO_3)_2$ ; $ZnCl_2$ ; $AlCl_3$	80-165	> 1	—	—	Krase и др.
13	Замещение диазогруппы на Cl, Br, CN, $NO_2$ , CNS, $CHO$ и т. п.	$CuCl$ , $CuBr$ , $CuCN$ ; $Cu$ -пыль	50-100	1	—	—	Sandmeyer, Gatterman и др.
IV. Гидратации, гидролиз							
1	Этиленов. углеводороды + $H_2O \rightarrow$ спирты	$H_2SO_4$ ; $ZnCl_2$ ; соли Hg и Pb	Обычн.	1	—	—	—
2	Ацетилен + $H_2O \rightarrow$ ацетальдегид (в жидкой фазе)	$H_2SO_4$ ; сульфокислоты; $HgO$ ; $HgBr_2$ ; $H_2SO_4 + (H_2SO_4, H_3PO_4, CH_3COOH)$ ; $H_2MoO_4$	30-80	1	—	—	Кучеров, Эльтеков, Wunderlich, Neumann
2a	Ацетилен + $H_2O \rightarrow$ ацетальдегид (в паровобр. фазе)	$Fe(OH)_3$ ; $ZnO$ , $NiO$ , $FeO$ ; $Al_2O_3$	300-400	1	—	—	—
3	То же	$ZnO + (MgO, CaO, Al_2O_3, Mn_2O_3) + Cr_2O_3$	180-200	1	—	—	Mittasch и др., BASF
4	Гидролиз сложных эфиров (в жидкой фазе)	$CuSO_4$ , $CdSO_4$ , $ZnSO_4$ , $ZnCl_2$ ; $SiO_2$	~ 250	$\geq 1$	—	—	Müller
4a	То же (в паровобранной фазе)	Щелочи (OH-ионы); кислоты (H-ионы); коллоидальн. металлы; азимы (эстеразы)	30-100	$\geq 1$	—	—	—
5	Омыление жиров: а) щелочное	$Ca(OH)_2$ , $Mg(OH)_2$ , $ZnO$ ; $NH_3$ ; $NaOH$ , $KOH$	80-150	1-12	—	—	de-Miglie, Krebitz
	б) кислотное	Концентр. $H_2SO_4$ ; сульфокислоты	90-160	1	—	—	Twitcheil, Г. Петров
	в) ферментативное	Тривичеда; экстракт Петрова Липаза—из семян клешиевки (Ricinus), чистотела (Chelidonium) и льнянки (Linaria)	20-40	1	$MnSO_4$ , $MnCl_2$ , $FeSO_4$ , $CaSO_4$ , $ZnCl_2$ , $Al_2(SO_4)_3$ , разб. к-ты	—	Connstein, Hoyer, Wartenberg, С. Фокин
6	Осахаривание (гидролиз) крахмала	Разбавл. $H_2SO_4$ и другие кислоты (H-ионы)	100-120	$\geq 1$	—	—	Кирхгоф
6a	Осахаривание (гидролиз) древесной клетчатки	Конц. $HCl$ ; $H_2SO_4$	20-120	1-10	—	—	Willstätter и др.
V. Дегидратации, этерификации							
1	Этиловый спирт $\rightarrow$ этилен + $H_2O$	$Al_2O_3$ ; алюмосиликаты, каолин, глины	360-520	1	$Fe_2O_3$	—	Ипатьев
	То же	$ThO_2$ , $TiO_2$ , $SnO_2$ , $ZnO$ , $Cr_2O_3$ , $WO_3$ , $WO_2$ , $Fe_2O_3$ ; фосфаты и сульфаты Ca и Al	320-420	1	—	—	Sabatier, Mailhe, Senderens
2	Этиловый спирт $\rightarrow$ этилов. эфир + $+0,5 H_2O$	$Al_2O_3$	~ 240	1	—	—	Clarck
	То же	$KAl(SO_4)_2$ ; $Al_2(SO_4)_3$	180-195	1	—	—	Mourcu
	» »	$C_2H_5 \cdot SO_3H$ , $CH_3(SO_3H)_2$ (метилован. кислота) и другие сульфокислоты	140-145	1	—	—	Krafft, Schrötter
	» »	$ThO_2$	$\geq 100$	1	—	—	—
3	Фенолы $\rightarrow$ простые эфиры (ароматич.) + $0,5 H_2O$	$ThO_2$	400-500	1	—	—	Sabatier et Mailhe

КАТАЛИЗ

960

3a	Фенолы + спирты $\rightarrow$ простые эфиры (смешанные) + $H_2O$	$ThO_2$	390-420	1	—	—	Sabatier et Mailhe
4	Кислоты + спирты $\rightarrow$ сложные эфиры + $H_2O$ (в жидк. фазе)	Сильные к-ты (H-ионы)	50-200	~ 1	—	—	—
4a	То же (в паровобр. фазе)	$TiO_2$ ; $ThO_2$ (только для ароматич. к-т); $BeO$	280-310	1	—	—	Sabatier et Mailhe; Heuser, Klotz
	То же	Силикатгель	~ 150	1	—	—	Reid и др.
5	Глицерин $\rightarrow$ акролеин + $2 H_2O$	$KHSO_4$ ; $KHSO_4 + Na_2SO_4$ ; $Al_2(SO_4)_3$	110-195	1	—	—	Moureu; Senderens
	То же	$MgSO_4$	330-340	1	—	—	Wohl
VI. Конденсация, алкилирование							
1	Карбоновые к-ты (или их ангидриды) $\rightarrow$ метаны	$Fe_2O_3$ , $Al_2O_3$ , $FeO$ , $MnO$ , $ThO_2$ ; окиси, гидроксиды и карбонаты металлов II, IV и VI групп	400-600	1	—	—	Mailhe и др.
2	Уксусная к-та $\rightarrow$ ацетон	$CaCO_3$ , $SrCO_3$ , $BaCO_3$ , $MgCO_3$ , $CeCO_3$ ; $ZnO$ , $ThO_2$ ; $Ba(OH)_2$ , $Sr(OH)_2$ , $Ca(OH)_2$ , $Mg(OH)_2$	320-580	1	—	—	Ипатьев, Squibb
3	Карбоновые к-ты + $H \cdot COOH \rightarrow$ алдгиды	$TiO_2$ , $ThO_2$	280-300	1	—	—	Sabatier et Mailhe
4	Спирты + (NH <sub>3</sub> , амины) $\rightarrow$ вторичные и третичные амины	$ThO_2$ , $ZrO_2$ , $TiO_2$ , $SiO_2$ ; $Al_2O_3$ ; $ZnCl_2$	180-350	1	—	—	Sabatier et Mailhe; Rosenmund
4a	Фенолы + спирты + $NH_3 \rightarrow$ смешанные амины (втор. и трет.)	$Al_2O_3$ , $ThO_2$ , $TiO_2$	350-450	1	—	—	Sabatier et Mailhe
5	Галоидопроизводи. + (NH <sub>3</sub> , амины, фенолы) $\rightarrow$ (амины первич., втор. и трет.; эфиры фенолов)	$Cu$ -пыль; $CuJ$ ; $J_2$	150-200	$\geq 1$	—	—	Ullmann
6	$CCl_4$ + фенолы + щелочь $\rightarrow$ феноло-кислоты	$Cu$ -пыль	= t° кип. смеси	1	—	—	Ullmann
7	Цитраль + ацетон $\rightarrow$ псевдоионон	$Ba(OH)_2$	10-30	1	—	—	Tiemann
8	Розанилин + анилин $\rightarrow$ анилиновый синий	$C_6H_5 \cdot COOH$ ; $CH_3 \cdot COOH$	~ 180	1	—	—	—
9	Ортонаитробензальдегид + ацетон $\rightarrow$ индигто	$NaOH$ ; $Ba(OH)_2$ ; $NH_3$	10-30	1	—	—	Baeyer
10	Формальдегид + фенолы $\rightarrow$ бакелиты и другие искусственные смолы	Основания; к-ты	100-140	4-7	—	—	Backeland
11	Бензальдегид + диметиланилин $\rightarrow$ малахитовый зеленый	$KHSO_4$	60-100	$\geq 1$	—	—	O. Fischer
12	Реакция Фриделя и Крафта	$AlCl_3$ , $AlBr_3$ , $FeCl_3$ , $FeCl_2$ , $ZnCl_2$	50-100	1	—	—	Friedel, Crafts
13	Реакция Гриньяра (получение Mg-органич. комплексов)	$(C_2H_5)_2O$ ; $C_6H_6$ ; $N(CH_3)_3$ и другие третичные амины	15-35	1	$J_2$	—	Grignard и др.
14	Реакция Скрауна (синтез хинолина и его гомологов)	$Fe_2O_3$ ; $Fe_3(SO_4)_3$ ; $SnSO_4$	180-220	1	—	—	—

961

КАТАЛИЗ

962

VII. Полимеризация							
1	Диолфины (эритрен, изопрен, диметилэритрен) $\rightarrow$ синтетич. каучуки	Na, K, Ca, Sr, Ba; коллоидальные; Pt, Ag, Hg; S; озон; органич. коллоиды	0-80	$\geq 1$	$O_2$ ; $SO_2$ ; $CO_2$ ; окислители	—	Matthews, Harries, Остроумовский
2	Альдегиды $\rightarrow$ альдоль	Основания; $KOH$ , $K_2S$ , $K_2CO_3$ ; $ZnCl_2$ ; к-ты	0-40	1	—	—	Würtz и др.
	То же	$Zn$ ; $ZnO$ , $Al_2O_3$ , $Al(OH)_3$ , $ThO_2$ , $Sb(OH)_3$ , $Fe_2O_3$	80-100	$\geq 1$	—	—	Bosshard и др.

№	Реакции	Употребляемые или предложенные катализаторы	Условия процесса		Вещества, активирующие катализатор (активаторы)	Вещества, отравляющие катализатор (каталитич. яды)	Автор метода
			t°	Давление, атм			
VIII. ИЗОМЕРИЗАЦИЯ							
1	Гидразосоединения → бензидины	K-гты (H <sup>+</sup> -ионы)	Обыкновенная	1	—	—	Zinin, Jacobson
2	Арил-гидросиламины → аминифенолы (при восстановлении нитросоединений)	K-гты (H <sup>+</sup> -ионы)	10—80	1	—	—	Gattermann
3	Псевдоион → ион (α-)	Разбавл. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO	Слабое нагревание	1	—	—	Tiemann
4	Эвгенол → изовэвгенол (в производстве ванилина)	KOH	130—220	≥1	—	—	Tiemann, Einhorn
5	Диазоаминосоединения → аминозосоединения	Соли анилина и других аминов	20—50	1	—	—	Goldschmidt
IX. Разложение, деполимеризация							
1	Каталитич. крекинг нефти и нефтяных фракций	Fe; AlCl <sub>3</sub>	250—400	До 12	—	—	Sabatier и др.
2	Отщепление галогидводорода от органических галогидропроизводных (с образованием кратной связи)	BaCl <sub>2</sub> , CdCl <sub>2</sub> , AlCl <sub>3</sub> , AlBr <sub>3</sub> , AlI <sub>3</sub> , PbCl <sub>2</sub> , FeCl <sub>2</sub> , CoCl <sub>2</sub> , NiCl <sub>2</sub> , CuCl <sub>2</sub> , CuCl	250—400	1	—	—	Sabatier et Mailhe
X. Синтезы при высоких t°							
1	Получение сульфата натрия по Гаргривсу и Робинсону (2NaCl + SO <sub>2</sub> + O + H <sub>2</sub> O → Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2HCl)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; CuO	~500	1	—	—	—
2	Получение цианистых солей методом фиксации азота воздуха (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 4C + N <sub>2</sub> → 2NaCN + 3CO)	Fe, Co, Ni, Mn, Cr, Mo, W, Ti; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	800—1400	1	—	—	Berl и др.
3	Фиксация атмосферного азота по Серпену (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 3C + N <sub>2</sub> → → 2AlN + 3CO)	Fe, Cu; H <sub>2</sub>	1500—1800	>1	—	—	—
4	Получение кальций-цианмида из CaC <sub>2</sub> и N <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub> , CaF <sub>2</sub>	1000—1200	1	—	—	Polzenius, Carlson

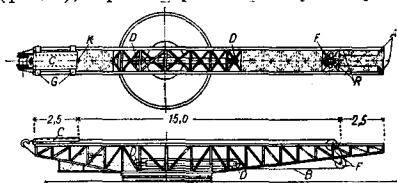


**КАТАЛИТИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ**, вещества, внесение которых в небольших дозах в почву улучшает развитие сел.-хоз. растений и повышает их урожайность. Действие К. у. с точки зрения современных знаний о питании растений остается необъясненным. К. К. у. относятся соединения *Mn, As, Li* и др. Их благоприятное действие на растения наблюдалось в физиологическ. (вегетационных) опытах (но не всегда); в полевых условиях положительное действие этих соединений констатируется еще реже. Для практич. применения К. у. пока нет достаточных оснований.

**КАТАПУЛЬТА**, приспособление для искусственного уменьшения взлетного разбега самолетов и сообщения им взлетной скорости, при заданном ускорении, за счет добавочной энергии двигателя К. Применяется для сбрасывания колесных самолетов с кораблей не имеющих взлетных палуб, и для сбрасывания морских самолетов непосредственно с палуб, на ходу корабля, не останавливаясь для спуска их на воду для взлета; К. может быть применена для взлета с малых аэродромов быстроходных легких самолетов, имеющих приспособление для уменьшения посадочной скорости, и перегруженных самолетов большого радиуса действия.

Конструкции К. состоят из следующих главных частей: тележки для установки самолета, дорожки, по к-рой происходит разбег, и механизма, сообщающего тележке с самолетом требуемое ускорение. Современные К. можно классифицировать след. обр.: а) по роду энергии, применяемой для сообщения самолету взлетной скорости, на: 1) пневматические, 2) пороховые, 3) инерционные; б) по конструкции на: 1) неподвижные, 2) поворотные и 3) поворотноперекачивающиеся.

К. пневматические состоят из фермы, (фиг. 1), верхние прогоны *A* к-рой служат



Фиг. 1.

рельсами для скольжения тележки *C* с самолетом. Конструкция фермы должна выдерживать вертикальные, боковые и инерционные нагрузки, получающиеся при вибрации корабля и при спусках самолета на ходу. Запас прочности л. б. не меньше 4. Тележка перемещается на роликах *G* или салазках. Самолет удерживается на тележке от сдвига назад специальными крюками *K*. Торможение тележки в конце ее хода происходит при помощи пружинных, пневматических, гидравлич. или электрич. тормозов *H*, зажимающих специальные ножи тележки, врезающиеся между тормозными колодками. Нажим тормозов, как и освобождение стопора тележки, должен происходить одновременно и автоматически при повороте спусковой ручки *K*. Пневматический механизм

К. состоит из рабочего, открытого с одной стороны, цилиндра, поршня и штока с ползунами, скользящими в параллелях, укрепленных к набору фермы. Шток поршня соединен с ним при помощи шарового подшипника, чем обеспечивается правильная работа полуона в случаях неточной установки параллелей. На конце штока установлены шкивы *D* (2 или 3) подвижной обмотки талей; другая система шкивов *F* укрепляется неподвижно либо к головной части цилиндра либо к иной части набора фермы. Тяговой трос *B* крепится одним концом к ферме, обходит по шкивам талий через блоки в конце фермы и присоединяется к тележке. Ход поршня выбирается от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{6}$  хода тележки К. Преобразование прямолинейного движения поршня в прямолинейное движение тележки осуществляется при помощи 4- или 6-шкивных талей, причем приведение в движение систем неподвижных и подвижных блоков и троса составляет главную часть вредных сопротивлений, достигающих в этих типах К. около 30—40% всей работы механизма. Запас прочности троса и всех движущихся частей катапультного механизма не д. б. меньше 4. Воздух в рабочий цилиндр К. поступает из резервуара сжатого воздуха, располагаемого обычно вблизи рабочего цилиндра между стержнями фермы. Между цилиндром и резервуаром устанавливается клапан, открывающийся сжатим воздухом при повороте спусковой ручки *K* и впускающий воздух в рабочий цилиндр. Чтобы избежать большого падения рабочего давления в цилиндре при расширении впускенного туда воздуха, объем резервуара выбирает не меньше 2,5—3 рабочих объемов цилиндра. Давление воздуха в резервуаре обычно бывает до 80—85 атм. Движение тележки во время пробега выгодно выбирать равноускоренным, так как при таком характере движения для сообщения тележке заданной скорости на заданной длине пути ускорения, а следовательно и действующие усилия должны получиться наименьшими. Для избежания толчков в начале и в конце движения, к-рые получаются в случае внезапного возрастания и убывания величин ускорения, небольшие части пути в начале и конце движения тележки оставляют для плавного увеличения и убывания ускорения. Тогда весь путь тележки по характеру ее движения разобьется на три участка, причем на первом (I) и последнем (III), коротких участках, происходит изменение ускорений по линейному закону, а на среднем (II), длинном участке, происходит возрастание скорости при постоянном ускорении. Теоретические кривые ускорений (1) и скоростей (2) показаны на фиг. 2, где пунктиром отмечены практические кривые; получить изменения ускорений по прямым практически очень трудно. На фиг. 2: *A*—полная длина, *B*—рабочая длина катапульты, *C*—длина тележки, *D*—длина торможения; для постепенного увеличения ускорения тележки с момента, когда трогается вся система,



Фиг. 2.

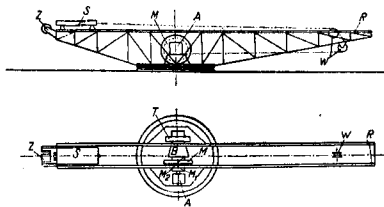
К. состоит из рабочего, открытого с одной стороны, цилиндра, поршня и штока с ползунами, скользящими в параллелях, укрепленных к набору фермы. Шток поршня соединен с ним при помощи шарового подшипника, чем обеспечивается правильная работа полуона в случаях неточной установки параллелей. На конце штока установлены шкивы *D* (2 или 3) подвижной обмотки талей; другая система шкивов *F* укрепляется неподвижно либо к головной части цилиндра либо к иной части набора фермы. Тяговой трос *B* крепится одним концом к ферме, обходит по шкивам талий через блоки в конце фермы и присоединяется к тележке. Ход поршня выбирается от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{6}$  хода тележки К. Преобразование прямолинейного движения поршня в прямолинейное движение тележки осуществляется при помощи 4- или 6-шкивных талей, причем приведение в движение систем неподвижных и подвижных блоков и троса составляет главную часть вредных сопротивлений, достигающих в этих типах К. около 30—40% всей работы механизма. Запас прочности троса и всех движущихся частей катапультного механизма не д. б. меньше 4. Воздух в рабочий цилиндр К. поступает из резервуара сжатого воздуха, располагаемого обычно вблизи рабочего цилиндра между стержнями фермы. Между цилиндром и резервуаром устанавливается клапан, открывающийся сжатим воздухом при повороте спусковой ручки *K* и впускающий воздух в рабочий цилиндр. Чтобы избежать большого падения рабочего давления в цилиндре при расширении впускенного туда воздуха, объем резервуара выбирает не меньше 2,5—3 рабочих объемов цилиндра. Давление воздуха в резервуаре обычно бывает до 80—85 атм. Движение тележки во время пробега выгодно выбирать равноускоренным, так как при таком характере движения для сообщения тележке заданной скорости на заданной длине пути ускорения, а следовательно и действующие усилия должны получиться наименьшими. Для избежания толчков в начале и в конце движения, к-рые получаются в случае внезапного возрастания и убывания величин ускорения, небольшие части пути в начале и конце движения тележки оставляют для плавного увеличения и убывания ускорения. Тогда весь путь тележки по характеру ее движения разобьется на три участка, причем на первом (I) и последнем (III), коротких участках, происходит изменение ускорений по линейному закону, а на среднем (II), длинном участке, происходит возрастание скорости при постоянном ускорении. Теоретические кривые ускорений (1) и скоростей (2) показаны на фиг. 2, где пунктиром отмечены практические кривые; получить изменения ускорений по прямым практически очень трудно. На фиг. 2: *A*—полная длина, *B*—рабочая длина катапульты, *C*—длина тележки, *D*—длина торможения; для постепенного увеличения ускорения тележки с момента, когда трогается вся система,

до начала второго участка пути применяется устройство постепенно открывающегося воздушного клапана, которое дает постепенно нарастающее давление в цилиндре, или сам поршень при своем движении только постепенно открывает канал, через который сжатый воздух поступает в цилиндр, причем полностью этот канал открывается к моменту начала второго участка пути. Второй способ регулирования поступления воздуха в рабочий цилиндр осуществляется помощью специально профилирован. штыря, устанавливаемого на донышке поршня и входящего в канал на головной части цилиндра, через который поступает воздух из резервуара. Изменение ускорений тележки К. на последней части пути производится выпусканием воздуха из рабочего цилиндра либо через специальный клапан, открывающийся автоматически в нужный момент, либо открытием окон в цилиндре, производимым самим поршнем. Давление в резервуаре устанавливается перед спуском в зависимости от полетного веса самолета, руководствуясь специальными таблицами.

Пороховые К. отличаются от пневматических устройством рабочих цилиндров и отсутствием резервуаров; тормозное и стопорное устройства м. б. также иные. Рабочим веществом являются медленно горящие пороха. Взрыв определенного заряда происходит в специальной камере, откуда газы поступают в газовый приемник и через каналы в рабочий цилиндр, или производится целый ряд малых взрывов, происходящих по мере движения поршня в цилиндре. Количество взрывчатого вещества изменяется в зависимости от полетного веса самолета.

Инерционные К. работают энергии быстро вращающегося маховика, преобразуя вращательное его движение в поступательное движение тележки при посредстве барабана специальной формы. Схема устройства показана на фиг. 3. Маховик М приводится во вращение мотором А (электрическим, бензиновым, паровым или пневматическим) через посредство разобщающейся муфты  $M_1$ , которую выключают после того, как маховик получит требуемую скорость вращения. При разобщении муфты  $M_1$  автоматически включается электромагнитная, дисковая кончик, или пневматич. муфта  $M_2$ , соединяющая барабан В с маховиком. Нажатие муфты  $M_2$  должно происходить постепенно и автоматически, чтобы сначала отбросить трос, а затем постепенно и без удара сообщить цилиндрич. барабану В ускоренное вращательное, а тележке поступательное движение, с заданными ускорениями. Если муфта  $M_2$  служит только для присоединения барабана к маховику, то постепенность изменения ускорения тележки достигается соответственной формой барабана переменного диаметра. После того как барабан сделает определенное число оборотов, он автоматически разъединяется муфтой  $M_2$  от маховика, и одновременно начинается его торможение автоматич. тормозом Т. Торможение тележки производится в конце разбега, как и у других К. Весь механизм располагается внутри фермы и д. б. легко доступен для осмотра и проверки, а также хорошо защищен

от проникновения в отдельные части его пыли, грязи и воды. Для проверки исправности всей установки перед спуском применяется специальный контрольный прибор Z, состоящий из небольшого маховика и барабана. Навернутый на барабан трос проходит через направляющие шкивы W и укрепляется перед пробой катапульти к тележке S. Затем производится спуск пустой тележки. Двигущаяся по рельсам R тележка



Фиг. 3.

тянет за собой трос прибора и сообщает его барабану и соединенному с ним муфтой маховичку вращательное движение. При достижении тележкой конца своего хода маховичок автоматически отключается от барабана и продолжает вращаться, в то время как барабан автоматически тормозится. По числу об/м. маховичка, указываемого тахометром, получаем конечную скорость тележки и работу, произведенную К.

Для порабельных установок конструкция К. должна удовлетворять следующим главным требованиям: 1) работать при качке корабля; 2) иметь стопорное приспособление для любого положения К.; 3) иметь дополнительные крепления самолета на тележке; 4) иметь удобное, надежное и быстрое поворотное самотормозное устройство и устройство для перекатывания (полезно, если автоматное предусматривается); 5) иметь удобный подвод воздухопровода от судовых магистралей, не мешающий повороту К.; 6) иметь удобные подножки и трапы для работы у К. и самолета; 7) иметь надежную смазку всех подвижных частей механизма; 8) не иметь в конструкции частей из легко разбиваемых материалов; 9) допускать удобную и быструю разборку механизмов и замену их частей; 10) не требовать сложных манипуляций при обслуживании и уходе.

Сравнение различных типов К. а) Пневматическая К.: 1) требует компрессорной установки; 2) требует времени на подготовку и зарядку баллонов; 3) проста в конструктивном отношении и потому дешева в изготовлении; 4) не имеет быстрого изменения смычки троса; 5) имеет высокую надежность в эксплуатации; 5) имеет малый кид; 6) не требует особого ухода; 7) допускает легкую регулировку величины влетной скорости в пределах запаса мощности механизмов, путем изменения рабочего давления в резервуаре. б) Пороховая К.: 1) не требует никаких вспомогательных установок; 2) не требует времени на подготовку спуска; 3) более сложна в части конструкции цилиндра и поршне в изготовлении; 4) быстро изнашиваемые части взрывного устройства и трос удорожают эксплуатацию; 5) имеет малый кид; 6) не требует особого ухода; 7) регулировка влетной скорости возможна только с небольшой степенью точности в пределах наличия зарядов. в) Инерционная К.: 1) не требует вспомогательных установок; 2) требует времени на раскручивание маховика; 3) сложна в конструкции и дорожа в изготовлении; 4) имеет много частей, требующих точной приточки и тщательного ухода; 4) быстрое изнашивание главных частей механизма; 5) работа троса более нормальна; 6) повышенный кид благодаря отсутствию талей; 7) требует хорошего ухода, тщательной проверки и хорошей защиты частей от атмосферных влияний; 8) регулировку скорости допускает в небольших пределах путем изменения числа оборотов маховика; 9) для больших изменений режима работы требует установки барабанов других размеров.

Если расчет производится для заданного самолета, то из аэродинамического расчета нам известны следующие величины: вес самолета  $G$ , площадь несущих поверхностей  $S$ , размах самолета  $L$ , мощность мотора  $N$ , скорость горизонтальная  $V$  и скорость посадочная  $V_{\text{пос.}}$ .

Определение длины рабочего хода тележки (разбега). Как показали исследования, чтобы осуществить нормальный безопасный взлет при безветрии, необходимо дать самолету скорость, соответствующую коэффициенту подъемной силы коробки  $C_y = 0,4$ . Тогда  $V_{\text{взл.}}$  — скорость, которую должен иметь самолет при взлете, определяется формулой (в м/сек):

$$V_{\text{взл.}} = \sqrt{\frac{G}{eSC_y}}. \quad (1)$$

Задавая соответствующее ускорение  $j$ , найдем длину разбега (в м):

$$l = \frac{V_{\text{взл.}}^2}{2j}. \quad (2)$$

Обратно, если задана предельная длина разбега в зависимости от местных условий или специальных требований, то по ф-ле (2) определяем  $j$  и проверяем допустимость его величины для здоровья человека. Если величина  $j$  получится недопустимой, то для данного самолета разбег заданной величины не осуществим и приходится либо удлинить разбег либо применять в данных условиях другой самолет с меньшей взлетной скоростью.

Расчет двигателя К. с сталями. Установив длину хода тележки  $l$  и выбрав передаточное число талей  $i$ , найдем ход поршня цилиндра  $l_1 = l : i$ . Передаточное число талей рекомендуется выбирать возможно малым, т. е., увеличивая ход поршня, мы имеем возможность легче осуществить плавность изменения давлений на поршень, а следовательно и плавность нарастания ускорений тележки. Зная вес самолета  $G$  и задаваясь ориентировочно весом тележки, получим массу  $M$ , которой необходимо сообщить ускорение  $j$ . Обозначив потребную силу через  $K$ , получаем:

$$K = jM = ag \frac{G}{g} = aG, \quad (3)$$

где сила на тросе у тележки во столько раз больше веса  $G$ , во сколько выбранное ускорение больше ускорения силы тяжести  $g$ . По полученной  $K$  подберем трос и назовем размеры всех подвижных частей механизма К., как то: шкивов, блоков, штока, поршня, полунав, троса. Находим живые силы движущихся частей в момент спуска, определяя скорость их в частях известной нам конечной скорости тележки  $V_{\text{взл.}}$ . Для троса скорость по длине его меняется от  $V_{\text{взл.}}$  до 0, и можно считать, что  $\frac{2}{3}$  его общей длины имеют скорость  $V_{\text{взл.}}$ . Скорость подвижных шкивов, штока поршня и поршня  $V_{\text{ш.}} = \frac{V_{\text{взл.}}}{i}$ . Окружная скорость переднего шкива и двух первых шкивов талей будет  $V_{\text{взл.}}$ ; скорость вторых и третьих шкивов —  $\frac{2}{3}V_{\text{взл.}}$  и  $\frac{1}{3}V_{\text{взл.}}$ . Установив эти величины, находим живые силы  $\frac{1}{2}mv^2$  для каждой движущейся части,

а затем суммируем их и получаем полную живую силу всей движущейся системы  $\sum \frac{1}{2}mV^2$  кал. Задаввшись кпд всей системы  $\eta$ , получим потребную работу механизма:

$$A = \frac{\sum \frac{1}{2}mV^2}{\eta}. \quad (4)$$

Величина  $\eta$  изменяется от 0,6 до 0,75.

Сила, действующая на поршень  $P$ . Полагая, что давление в рабочем цилиндре в первый период возрастает от 0 до максимума на длине хода поршня  $\Delta l_1$ , затем поддерживается постоянным и снова на пути  $\Delta l_2$  падает до нуля. Давление воздуха считаем постоянным на протяжении части хода поршня, равной

$$l_1 = \frac{\Delta l_1}{2} - \frac{\Delta l_2}{4}$$

тогда сила  $P$  (в кг), действующая на поршень, определяется из ф-лы

$$A = Pl_1 \left( 1 - \frac{\Delta l_2}{2} \right), \quad (5)$$

откуда

$$P = \frac{A}{l_1 \left( 1 - \frac{\Delta l_2}{2} \right)}$$

Давление на поршень  $p$  (в кг/см<sup>2</sup>) находим, задаваясь диаметром его и определив его площадь  $F$  (в см<sup>2</sup>), по ф-ле

$$p = \frac{P}{F}. \quad (6)$$

Усилия для торможения тележки. Задаввшись длиной пути торможения  $l_2$ , зная скорость  $V_0$  тележки в момент начала торможения, ее вес  $G_1$  и задавшись равномерно замедленным движением ее на этом пути, получим из ур-ий движения величины ускорения  $j$  (в м/сек<sup>2</sup>) и продолжительность торможения  $t$  (в сек.):

$$j = \frac{V_0^2}{2l_2} = xg \quad \text{и} \quad t = \frac{2l_2}{V_0}.$$

Тормоза должны развить силу  $P_1$  (в кг):

$$P_1 = \frac{G_1}{g} j = \frac{G_1}{g} xg = xG_1.$$

Выбор ускорений и влияние величин их на человека. Опыты в Америке, произведенные летчиком Дудлитлом (Doolittle) в марте 1924 г., показали, что ускорения в полете, при производстве различных фигур, доходят до 7,2–7,4  $g$ . В Германии придерживаются мнения, что лишь ускорение в 4–5  $g$  становится опасным и что ускорение в 2,5  $g$  в течение 1–4 сек. м. б. допущено без всяких вредных последствий для любого рядового летчика. С другой стороны, ускорения до 2,5  $g$  дают обстановку взлета, ничуть не отличающуюся от нормальной в смысле визуальных ощущений, почему взлет при таком ускорении не требует специальной тренировки летчиков и усваивается ими с первого раза. На этом основании не следует выбирать ускорений выше 2,5–4  $g$ , считая, что приближение к верхнему пределу оказывается уже невыгодным в эксплуатации, хотя и допустимо как безопасное.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К IX ТОМУ Т. Э.

- Абелл уравнение** 238.  
**Авандрей** 838.  
**Автоаталма** 928.  
**Автохтонное происхождение** 314.  
**Аддиабатический калориметр** 500.  
**Авотистонисский калий** 495.  
**Азотонисский калий** 454.  
**Азотонисский калий** 495.  
**Азотонисский калий** 526.  
**Анведуня** 292.  
**Акселераторы** 933.  
**Антикаторы** 928, 933.  
**Антивазия молемулы** 919.  
**Алгебраическая функция** 390.  
**Ализиаринидро** 73.  
**Алилизеллолоза** 345.  
**Аллохтонная гипотеза** 314.  
**Альгин** 738.  
**Анкера** 593.  
**Антикатилизаторы** 932.  
**Антрацит** 314.  
**Арады** 591.  
**Арка разгрузная** 602.  
**Арки врезные** 602.  
**Арки лучновые** 602.  
**Арки полверменные** 602.  
**Арки ступенчатые** 602.  
**Ароматизация нефти** 948.  
**Артезианские скважины** 735.  
**Атомоны** 275.  
**Ацетатный шелк** 356.  
**Ацетицеллолоза** 344.
- Бананы кошенильные** 841.  
**Бассорин** 556.  
**Безводиррол** 103.  
**Бергулли функция** 394.  
**Бесконечно большая величина** 391.  
**Бесконечно малая величина** 390—391.  
**Бетонные трубы** 664.  
**Битовна** 858.  
**Бикарбонат калия** 497.  
**Бисульфат калия** 495.  
**Бисульфит калия** 495.  
**Бисульфит калия** 531.  
**Битуминозные угли** 317.  
**Битуминозный каменный уголь** 606.  
**Бихромат калия** 535.  
**Бландол** 738.  
**Бобина** 348.  
**Богжеды** 313.  
**Бомба Иштарева** 937.  
**Бриллиант-идро** 64.  
**Бромистый калий** 454.  
**Бурные угли** 313.  
**Бушера система** 150.  
**Быны** 569, 583.  
**Быстрорежущая сталь** 222.  
**Быстрогон** 293.
- Ватер** 547, 548.  
**Водный сбор** 306.  
**Вододелатели** 293.  
**Водородистый калий** 494.  
**Водородистый калий** 529.  
**Водослив** 290.  
**Водяны** 306.  
**Водяной эввалент** 498.  
**Водластонит** 528.  
**Водока** 713.
- Волокны** 773.  
**Вольтерра\* уравнение** 238, 239.  
**Восприимчивость магнитная** 172.  
**Воссоединение** 271.  
**Временное сопротивление** 375.  
**Вспучиваемость (кам. угля)** 622.
- Газование** 625.  
**Галалит** 460.  
**Галоидирование** 951.  
**Гарвиус** 716.  
**Гексетон** 653.  
**Геллева трубка** 103.  
**Гелиографюра** 898.  
**Генератор асинхронный** 144.  
**Герарда стены** 593.  
**Герреса способ** 149.  
**Гидрат окиси калия** 454.  
**Гидрат окиси калия** 529.  
**Гидратация** 948.  
**Гидрид калия** 494.  
**Гидрид калия** 529.  
**Гидриден** 55.  
**Гидрирование** 937.  
**Гидрогеннизация** 937.  
**Гидроокись калия** 527.  
**Гидросульфид калия** 496.  
**Гидросульфид калия** 532.  
**Гипохлорит калия** 497.  
**Гипохлорит калия** 529.  
**Газерит** 481.  
**Голландская перевязка** 591.  
**Горючий газ** 277.  
**Градуировка калориметра** 409.  
**Грейфер** 27.  
**Грина формула** 237.  
**Грина функция** 241.  
**Гринокит** 447.  
**Группа Лоренса** 45.  
**Группа преобразования** 44.  
**Гуммаза** 555.  
**Гумми-число** 554.  
**Гуммово** 555.  
**Гуммовое** 555.  
**Гумусовые образования** 313.  
**Губля способ** 266.
- Двузначная функция** 390.  
**Дукальцевый фосфат** 533.  
**Двууглекислый калий** 497.  
**Дегидрирование** 946.  
**Дегидрогеннизация** 946.  
**Дегидрогеннизация спиртов** 948.  
**Дегидроидного** 64.  
**Декания** 939.  
**Деформация упругая** 371.  
**Джипсин** 201.  
**Диагомент** 257.  
**Диабазовый** 757.  
**Дикома процесс** 934.  
**Динамометры пружинные** 369.  
**Диоксидол** 58.  
**Дифенилмид** 757.  
**Диффузия ионов** 271.  
**Диффузор** 794.  
**Доусуия** 470.  
**Древесный порошок** 533.
- Емкость набелия** 417.
- Жавелевая вода** 497.  
**Жиклер** 797.
- Загонка** 838.  
**Замковая притесна** 589.  
**Зеркальные камеры** 634.  
**Зубатка** 644.
- Изатин** 58, 74.  
**Изатинанид** 63, 74.  
**Изатинанид** 63.  
**Изатинхлорид** 58.  
**Известковая вода** 529.  
**Извигб—испытание** 376.  
**Изюм усталости** 381.  
**Измерительные инструменты** 224.  
**Изюм—испытание** 384.  
**Изонавек** 456.  
**Изольция** 582.  
**Изотермический калориметр** 501.  
**Изюловители** 37.  
**Имидо-группа** 38.  
**Имидоисольция** 38.  
**Инертгаз** 51.  
**Инертия** 51.  
**Инцибиторы** 929.  
**Индантроновые красители** 55.  
**Индантрон** 53.  
**Индирова соль** 60.  
**Индировады** 72.  
**Индиротрубин** 57.  
**Индиготин** 56.  
**Индияна** 57.  
**Индикаторная диаграмма** 92.  
**Индирубин** 57, 73.  
**Индосил** 58, 74.  
**Индосиликарбонная кислота** 61.  
**Индосильная кислота** 61.  
**Инол** 58.  
**Инополивин** 72.  
**Инолдор** 61.  
**Индуктивное сопротивление** 105.  
**Иньектор водоструйный** 179.  
**Иньектор газоструйный** 181.  
**Инькрустация** 641.  
**Инькруста** 182.  
**Инструментальные зажимы** 225.  
**Инструментальный пех** 215.  
**Иньектор Амслера** 245.  
**Иньекторы** 242.  
**Иньектор Абанановича** 246.  
**Иньектора** 242.  
**Иньекто-дифференциальные ура-  
внения** 239.  
**Иньектограф** 252.  
**Иньектоферометр газовый** 252.  
**Иньектофленская схема** 253.  
**Инулла** 253.  
**Инулла** 253.  
**Иоданилин** 265.  
**Иодбензол** 266.  
**Иодбензол** 266.  
**Иодиваль** 266.  
**Иодидин** 266.  
**Иодисто-водное железо** 263.  
**Иодисто железо** 265.  
**Иодистый аммоний** 265.  
**Иодистый водород** 262.  
**Иодистый калий** 262.  
**Иодистый калий** 264.  
**Иодистый цинк** 264.  
**Иодная руть** 264.

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Иодноватая кислота 265.  
 Иодопотassiumовая соль 265.  
 Иодобензол 266.  
 Иодобензол 265.  
 Иодол 266.  
 Иодонные соединения 265.  
 Иодоселенит 266.  
 Иодотирин 266.  
 Иодоформаль 269.  
 Иодоформин 269.  
 Иодоформенг 269.  
 Иодофенол 265.  
 Иодозин 265.  
 Иодозин удианная 270.  
 Ионная сила 276.  
 Ирридевая кислота 281.  
 Ирридевосигеридостовородная кислота 281.  
 Ирридевосигеридостовородные кислоты 281.  
 Ирридевая платина 282.  
 Ирландский мох 737.  
 Ирон 275.  
 Ирридевоксидная функция 390.  
 Искровой промежуток 333.  
 Искровой разрядник 333.  
 Испарители 384.  
 Испытание инструментов 221.  
 Истечение (в карбораторах) 794.  
 Итговая пластина 396.
- Кабель высоковольтный 400.**  
 Кабель полый 412.  
 Кабель связи 426.  
 Кадмиевая нить 455.  
 Кадмиевая пемель 455.  
 Кадмираник 449.  
 Кадмизинат 457.  
 Кадмиевые краски 463.  
 Кадмиевые лаки 463.  
 Кадмиевые лаки 461.  
 Канал 478.  
 Каландрование 352.  
 Калиброт 481.  
 Калибры браковочные 466.  
 Калибры валов 468.  
 Калибры отверстий 468.  
 Калибры проходные 466.  
 Калибры рабочие 466.  
 Кальмевое растворим. стекло 407.  
 Кальциевая селитра 495.  
 Калориметры 498.  
 Кальциевая селитра 529.  
 Камедотечение 555.  
 Камен 841.  
 Кампешин 846.  
 Камфорная кислота 653.  
 Камфорное масло 647, 652.  
 Каналы обходные 676.  
 Каналы соединительные 676.  
 Канатные машины 712.  
 Канаты пеньковые 679.  
 Канитель 713.  
 Кашаганца 105.  
 Кашиллярная постоянная 729.  
 Кашиллярное давление 729.  
 Кашиллярный анализ 730.  
 Каратения 737.  
 Каратия 737.  
 Каракуль искусственный 742.  
 Каракульчца 739.  
 Карбид кремния 785.  
 Карбонизационные печи 783.  
 Карда 823.  
 Кардиалол 653.  
 Кардана лента 823.  
 Кардочесальные аппараты 551.  
 Карбиновая кислота 840.  
 Карбиновые лаки 841.  
 Карнаулит 475, 478, 481.  
 Карнаум 594.  
 Карраген 737.  
 Карта международная 897.  
 Картон волнистый 861.  
 Картон клееный 871.  
 Картонодельные машины 868.  
 Картонодельные машины 869.  
 Карты генеральные 895.  
 Карты морские 895.  
 Карты политические 895.  
 Карты топографические 895.  
 Карты физические 895.  
 Карци 907.  
 Карци 907.  
 Каскадное соединение 155.
- Катализаторы 916.  
 Каталог рек 445.  
 Каустобилииты 606.  
 Каширование 586.  
 Кашьон 907.  
 Кинетич. теория испарения 362.  
 Киор 644.  
 Кирка 644.  
 Кисловна 351.  
 Кислый сернистокисл. калий 495.  
 Кислый сернистокислый калий 531.  
 Кислый сернокислый калий 495.  
 Кислый углекислый калий 497.  
 Кишиниш 35.  
 Кизика 844.  
 Кизика 588.  
 Кизика в елку 604.  
 Кизика кипричная 590.  
 Кизика кольцевая 604.  
 Кизика кубовая 604.  
 Кизика коржальная 604.  
 Кизика рямая 603.  
 Кизика свода 580.  
 Кизика смешанная 593.  
 Кизика тесовая 589.  
 Кизидовая инструменталта 218.  
 Кизидо-камеры 633.  
 Кизидовые лучи 248.  
 Коис 607, 625.  
 Коллоидная вата 344.  
 Коллоиды ламповые 667.  
 Коллоиды смольные 665.  
 Компаратор интерференцион. 252.  
 Компенсатор 161, 251.  
 Конденсация 950.  
 Кондуктор (инструмент) 225.  
 Корали планиметры 245.  
 Корамии 653.  
 Кораль 429.  
 Коряна 35.  
 Корсет карборатора 794.  
 Кошениль 840.  
 Краевой угол 727.  
 Краурювокая кабель 429.  
 Краухал флоридовый 737.  
 Кренкинг нефти 938, 946.  
 Кременисный калий 497.  
 Кременисный калий 530.  
 Крестовая перевица 591.  
 Кривая разгонки 368.  
 Кристаллографирование 641.  
 Кружала 601.  
 Крутка пряди 709.  
 Кручение—испытание 376.  
 Куб (в крашении) 66.  
 Куб броуллиновый 67.  
 Куб гидросульфидный 69.  
 Куб тигросный 69.  
 Куб рудельный 70.  
 Кумаранидидго 73.  
 Кус 713.  
 Кутера-камеди 556.
- Лангбейнит 481.**  
 Лейкоидго 65.  
 Леонит 481.  
 Лестницы висачие 605.  
 Лестницы каменные 605.  
 Ливнесисит 291.  
 Лиганты 313.  
 Личины 72.  
 Лонсодромы 848.  
 Лоренца группа 45.
- Магистральные каналы 288.**  
 Магнитная проницаемость 171.  
 Манометры металлические 369.  
 Манометры ртутные 370.  
 Марганцовокислый калий 530.  
 Маргенса машины 368.  
 Масло кардамовое 817.  
 Машин—орудия 221.  
 Маттиновыи рычаг 368.  
 Медноаммиачный шелк 354.  
 Мерительный инструмент 223, 465.  
 Метабисульфит калия 496.  
 Метастабильность 819.  
 Миды графитные 747.  
 Модификаторы 951.  
 Модуль упругости 271.  
 Модуль Юнга 371.  
 Мозачные работы 641.
- Молекулярное давление 726.  
 Молочная ковог 271.  
 Моно-бром-камфора 653.  
 Морение 752.  
 Мотовила 849.  
 Муфельное сребро 714.  
 Муфельные печи 32.  
 Мышьевокислый калий 530.  
 Мышьевокислый калий 496.  
 Наземники 891.  
 Наковна камаг 646.  
 Напосоудржатели 37.  
 Напржения истинные 373.  
 Натрий-жидк 55.  
 Наугольниш 645.  
 Нашатырный ядриш 281.  
 Невысичат 282.  
 Непрерывная функция 392.  
 Неслов реактив 264.  
 Нигрозины 173.  
 Нигрози 199.  
 Нитрат калий 495.  
 Нитрат калий 495.  
 Нитроцелк 352.  
 Нюгюн 738.  
 Периона ряд 393.
- Обиगतательные печи 30.**  
 Обиगतный станок 859.  
 Обигольничатель фосфат 534.  
 Онислы калия 494.  
 Онисы камаги 453.  
 Онисы калия 494.  
 Онисы калия 530.  
 Окисляющие 935.  
 Окис-камфора 653.  
 Оксидон 58, 74.  
 Оксидокафтен 74.  
 Опалубка 601.  
 Опору 582.  
 Опьяивание 202.  
 Ороевительные каналы 287, 294.  
 Ороевание искусственное 296.  
 Отагий 447.
- Папка 855.**  
 Папачные машины 867.  
 Папачеры 87, 874.  
 Папачнобрендонг 200.  
 Параканези 457.  
 Парижская зелье 201.  
 Паронит 366.  
 Парострунные аппараты 179.  
 Парострунный функция 225.  
 Перенес калия 494.  
 Перенес калия 529.  
 Перенесная величина 389.  
 Перенесная ависимая 389.  
 Перенесная неависимая 389.  
 Перемычка 594.  
 Перманганат калия 530.  
 Персульфат калия 496.  
 Персиловина 289.  
 Песоудержатели 37.  
 Печи карбонизационные 783.  
 Печи муфельные 32.  
 Печи обигатательные 30.  
 Печи тигрфаневые 762.  
 Пизла тросовая 637.  
 Пирозен 946.  
 Пирозия 625.  
 Пироны 589.  
 Пиросульфат калия 496.  
 Пиза 395.  
 Планиметр Притца 248.  
 Планиметры 242.  
 Пизана 589.  
 Пломбиров 390.  
 Пломбы калия 529.  
 Пломбение 715.  
 Поверхностная активность 727.  
 Поверхностное катичение 226—27.  
 Подиентральная функция 226.  
 Подиентральное выражение 228.  
 Подоконники 594.  
 Подоконные стены 593.  
 Подоскор 838.  
 Полиг 297.  
 Полигизация глаурику 30.  
 Полигидат 481.  
 Полимеризация 950.  
 Полиности 494.  
 Полиурма камаги 639, 646.  
 Полисульфид калия 496.

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Полусульфиды натрий 532.  
 Полуугитуминозные угли 317.  
 Полуокис 625, 628, 631.  
 Полуокисление 625, 627, 629.  
 Посадочная машина 744.  
 Постоянная величина 389.  
 Постоянная интегрирующая 226.  
 Потенциал инновационный 271.  
 Пранило 645.  
 Преддиссоциация 919.  
 Предел пропорциональности 371.  
 Предел текучести 372.  
 Предел упругости 371.  
 Предел устойчивости 379, 381.  
 Предельная орбита 270.  
 Преобразователь однополюсный 157.  
 Преобразователь частоты 158.  
 Приемники дождевые 667.  
 Притиральный станок 714.  
 Притяжения 594.  
 Проницаемость ламинарная 843.  
 Проницаемость Аитова 852.  
 Проницаемость внешняя 847.  
 Проницаемость гомолографич. 851.  
 Проницаемость везикулярная 847.  
 Проницаемость изотиллиндрическая 848.  
 Проницаемость коническая 849.  
 Проницаемость конформная 843.  
 Проницаемость Меррилла 848.  
 Проницаемость ортографическая 843.  
 Проницаемость перспективная 843.  
 Проницаемость поликоническая 850.  
 Проницаемость произвольная 843.  
 Проницаемость синусоидальная 851.  
 Проницаемость стереографическая 844.  
 Проницаемость центральная 844.  
 Проницаемость цилиндрическая 847.  
 Проницаемость эквивалентная 843.  
 Проволочные катушки, передачи 692.  
 Промотеры 928, 933.  
 Просинтол 941.  
 Прочность на пробой 423.  
 Прочность стени 593.  
 Прямоугольник 713, 715.  
 Пряльные машины 547.  
 Прямляло 78.  
 Псевдоонон 275.  
 Пуассона интеграл 236.  
 Пушизированный кабель 429.  
 Пурпур древних 64.
- Радиостанции** судовые 339.  
 Разрывная функция 392.  
 Разрядник искровой 333.  
 Раковины кухонные 673.  
 Ранкизирование 99.  
 Распределительные каналы 394.  
 Растительные силы 557.  
 Расширение 592.  
 Рациональная функция 390.  
 Рациональные числа 283.  
 Ревизия 673.  
 Регулятор потенциальный 166, 170.  
 Регуляторы в вращающих 293.  
 Редукция избыточная 18.  
 Режим моря 446.  
 Режим реки 446.  
 Режущий инструмент 223.  
 Резальные машины дисковые 857.  
 Рейтеры 891.  
 Рекомбинация 271.  
 Реторта «Fusion» 628.  
 Рефрактометрия 251.  
 Риннет 481.  
 Ринин 914.  
 Риннополиевая кислота 914.  
 Ровничная машина 838.
- Сайодия** 266.  
 Самоиндукция коэффициенты 121.  
 Самоиндукция кабеля 417.  
 Сапиды синий 646.  
 Сапидальное дерево 646.  
 Сапроксимент 317.  
 Сапрошевые породы 313.  
 Светопрочность 203.  
 Свинка кабельная 696.  
 Свинцовокальциевый сплав 529.  
 Свободное испарение 362.  
 Секрет (машина) 838.  
 Селенидидит 73.
- Селитра бенгалская 618, 844.  
 Селитра норвежская 529.  
 Сельфанторы 547.  
 Серая печень 486.  
 Сернистокальциевый калий 495.  
 Сернистокальциевый натрий 529.  
 Сернистый газ 499.  
 Сернистый натрий 454.  
 Сернистый калий 496.  
 Сернистый калиций 529.  
 Сернистый калий 495.  
 Сернистый калиций 529.  
 Сернистый калий—испытание 374.  
 Сикерлот 448.  
 Силикат калия 497.  
 Силикат натрия 528.  
 Сильний 481, 482.  
 Сильминит 475, 476.  
 Синтетит 481.  
 Ситин 846.  
 Ситил 940.  
 Скарпель 644.  
 Скобы 589.  
 Сложкешие 133.  
 Снос потока 110.  
 Скрутка 403.  
 Скрытая теплота испарения 360—
- Смазываемость 727.  
 Смолы искусственные 951.  
 Смоляное число 554.  
 Союзололовый кислото 265.  
 Сопротивление профильное 111.  
 Сопротивление ступеней 605.  
 Способность (каменного угля) 622.  
 Спектры тепловые 256.  
 Срзывание—испытание 377.  
 Стабилизаторы 951.  
 Стальные канаты 695.  
 Стирлинга формула 395.  
 Стокса формула 238.  
 Столовые машины 866.  
 Сульфат калия 495.  
 Сульфгидрат калия 496.  
 Сульфгидрат калиция 532.  
 Сульфид калия 496.  
 Сульфид калиция 531.  
 Сульфит калия 495.  
 Сульфит калиция 531.  
 Сульфиток 397.  
 Суматра-намбора 653.  
 Сысерит 282.  
 Суперпассаж 292.
- Твердая соль** 477, 574.  
 Твердость—испытание 377.  
 Твердость по Вигнеру 378.  
 Твердость по Роквеллу 378.  
 Твердость по Мартенсу 378.  
 Твердость по Роквеллу 378.  
 Телефонный кабель 430.  
 Тепловые лучи 254.  
 Теплота пара 361.  
 Теплопроводная способность (наменного угля) 621.  
 Термодинамический 103.  
 Термолия 625.  
 Тесовики 644.  
 Тетрабромидидит 64.  
 Тетралин 939.  
 Тетраэторидидит 64.  
 Тетройкс калия 494.  
 Технологические пробы 385.  
 Телуровая сталь 209.  
 Титанидидит 73.  
 Титанидидит красный 73.  
 Титанидидит 75.  
 Титроидия 266.  
 Титровый товар 714.  
 Томит 317.  
 Тормоз электрический 145.  
 Трансцендентная функция 390.  
 Треххлористый вод 265.  
 Трикальциевый фосфат 531.  
 Тростовая свинка 695.  
 Тягально-слупальные машины 708.
- Углекислый калий** 454.  
**Углекислый натрий** 530.
- Удар—испытание 382.  
 Ударная вязкость 383.  
 Ударники пружинные 379.  
 Уксуснокислый калий 533.  
 Уксусный порошок 532.  
 Ультразвуковые лучи 254.  
 Усталость—испытание 379.  
 Устой 569.
- Факторальные функции** 393.  
 Федотер 204.  
 Фенантрин 947.  
 Фенантрин 60.  
 Фенилглицин 60.  
 Филлера 346.  
 Флюорин 915.  
 Флюоридионная сила 730.  
 Флуорен 947.  
 Фолдинг-намеры 633.  
 Фосфаты натрий 533.  
 Фосфористый калий 533.  
 Фосфорнокислые соли калиция 533.  
 Фотодерма 899.  
 Фредгольма уравнение 239.  
 Фтористый калий 497.  
 Фтористый калий 534.  
 Фундаментальные числа 240.  
 Фундаментальные 240.  
 Функция 389.
- Хлорсоединения** 755.  
 Хлорамин Т 280.  
 Хлористый калий 454.  
 Хлористый калий 496.  
 Хлористый калий 534.  
 Хлорноватосилициевая соль 497.  
 Хлорноватокислый калий 497.  
 Хлоридидит 527.  
 Хлоридидит 199.  
 Хромовая инструментальная сталь 212.  
 Хромовокислый калий 535.  
 Хромово-вольфрамовая инструментальная сталь 213.  
 Хромонадидит 455.  
 Хромовая теория 101.
- Целлюлоза** 344.  
 Целлюлоза 344.  
 Центрфуги 349.  
 Центральная 591.  
 Церанин 556.  
 Цианистый газ 199.  
 Цианистый калий 454.  
 Цианистый калий 536.  
 Циба алим 73.  
 Цикл 379.  
 Циклогексанол 939.  
 Циклогексанол 939.  
 Циклодотридеканетон 274.
- Шевелирование** 352.  
 Шелма 601.  
 Шенит 481.  
 Шенфера способ 149.  
 Шифовальная машина 29.  
 Шифовая ками 639, 646.  
 Шеллот 448.  
 Шпат известковый 525.  
 Шпат скандский 525.  
 Шпат плавиковый 534.  
 Шпат удюлович 527.  
 Штрабы 591.
- Щавелевокислый калий** 454.
- Эксперименты** 364.  
 Эйлер формула суммирования 394.  
 Эйлера числа 394.  
 Эйлеровы подстановки 228.  
 Экстенсометры 371.  
 Экстрагирование 624.  
 Экстремаль 209.  
 Эллиптические интегралы 229.  
 Эльманар 411.  
 Энергия активации 919.  
 Эстолды 915.  
 Эструмент 628.  
 Эшка смесь 620.
- Иды катализические** 929, 932.