

В. Т. МИХАЙЛОВЪ
ИНЖЕНЕРЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
СОВРЕМЕННЫХЪ ПАРОВОЗОВЪ
БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ.

Выборъ типа паровоза и опредѣленіе главныхъ размѣровъ
машины и котла.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Министерства Путей Сообщенія
(Товарищества И. Н. Кушнеревъ и К^о), Фонтанка, 117.
1910.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ВВЕДЕНИЕ.

Принятая обозначения.

ГЛАВА I.

Отличительныя особенности современныхъ паровозовъ.

1. Мощность паровозовъ	6
2. Экономичность дѣйствія машины и котла	10
3. Уравновѣшенность паровозовъ; спокойствіе и плавность ихъ хода	23
4. Примѣненіе наиболѣе совершеннаго парораспределительнаго механизма (системы Гейзингера фонъ-Вальдеггъ) и уравновѣшенныхъ золотниковъ	25

ГЛАВА II.

1. Выборъ типа паровоза	28
2. Выборъ системы машины и величины давления пара въ котлѣ	33
3. Предварительное заданіе вѣсомъ паровоза и тендера	34
4. Элементы, опредѣляющіе силу и мощность паровоза	35
5. Расчетъ сопротивленія поѣзда движенію	37

ГЛАВА III.

А. Опредѣленіе главныхъ размѣровъ машины.

1. Опредѣленіе діаметра движущихъ колесъ	70
2. Опредѣленіе хода поршня	71
3. Опредѣленіе діаметра цилиндровъ	72
4. Расходъ пара машиной	88

Б. Расчетъ парораспределенія.

1. Исслѣдованіе парораспределенія при помощи диаграммы Цейнера	95
2. Теорія парораспределительнаго механизма системы Гейзингера фонъ-Вальдеггъ	97
3. Выборъ основныхъ элементовъ парораспределенія: наружной и внутренней перекрытокъ золотника и линейнаго предваренія впуска	103
4. Примѣры парораспределеній	108

ГЛАВА IV.

Определение главных размеров котла.

1. Топливо	112
2. Коэффициент полезнаго дѣйствія котла	114
3. Определение площади колосниковой рѣшетки	122
4. Определение общей величины поверхности нагрѣва	124
5. Отношеніе $\frac{h_2}{h_1}$ между непрямою и прямою поверхностями нагрѣва	125
6. Величина поверхности нагрѣва топки	125
7. Величина поверхности нагрѣва дымогарныхъ трубъ	126
8. Поверхность воды въ котлѣ	129
9. Кирпичный сводъ въ топкѣ	130
10. Пароперегрѣватель	130

ГЛАВА V.

Описание нѣкоторыхъ новѣйшихъ паровозовъ и результатовъ опытовъ съ ними.

1. Результаты испытаній, произведенныхъ надъ новыми типами паровозовъ итальянскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ	132
2. Новѣйшіе четырехцилиндровые быстроходные паровозы системы компаундъ французской желѣзной дороги Paris-Orléans	162
3. Быстроходный паровозъ типа 2—3—0 съ пароперегрѣвателемъ системы В. Шмидта „въ жаровыхъ трубахъ“ Прусскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ	165

ВВЕДЕНИЕ.

Проектирование паровоза представляет задачу очень трудную и кропотливую, вследствие сложности его конструкции и недостаточной определенности и большой переменчивости условий, при которых ему приходится работать. Не говоря уже, что, например, нельзя спроектировать машину так, чтобы она одинаково экономично действовала при всяких условиях работы паровоза, т. е. при больших и малых скоростях, на различных частях пути: площадях, подъемах и уклонах, но даже для выбранных наиболее частых условий его работы приходится поступаться совершенством машины ради облегчения веса и уменьшения пространства, занимаемого ею. Точно также трудна рациональная проектировка котла паровоза: или недостаточно мощный котел будет работать очень форсированно и готовить влажный парь, или сильный котел при легкой работѣ будет представлять лишній мертвый грузъ, на перевозку котораго придется непроизводительно расходовать энергію. Разсматривая же паровозъ въ его цѣломъ, видимъ, что для постоянно мѣняющихся условий желѣзнодорожной эксплуатаціи, зависящихъ отъ наплыва или недостатка грузовъ и пассажировъ, отъ паровоза можетъ потребоваться работа или ему непосильная, или совсѣмъ неисчерпывающая его мощности. При такихъ условияхъ очень много зависитъ отъ таланта проектирующаго найти удачный компромиссъ между многими противорѣчащими другъ другу требованіями.

Обыкновенно всякій новый типъ паровоза бываетъ далекъ отъ совершенства не только въ мелкихъ конструктивныхъ деталяхъ, но часто и въ основныхъ своихъ размѣрахъ. Только постепеннымъ введеніемъ въ паровозы слѣдующихъ построекъ указанныхъ практикой улучшеній удается усовершенствовать данный типъ. Напримеръ, нашъ нормальный товарный паровозъ имѣлъ, такъ сказать, три изданія въ 1893, 1897 и 1901 годахъ и еще продолжаетъ

совершенствоваться. Пассажирскій паровозъ типа Николаевской дороги имѣлъ два изданія, а въ 1906 году и третье съ введеніемъ въ него пароперегрѣвателя для Московско-Виндаво-Рыбинской жел. дороги. То же самое замѣчается и въ заграничной паровозостроительной практикѣ: многіе новѣйшіе паровозы представляютъ только развитіе нѣкоторыхъ старыхъ типовъ, оказавшихся уже слабыми для современныхъ требованій.

Поэтому, чтобы избѣжать лишнихъ ошибокъ при проектированіи новаго паровоза, необходимо прежде оглянуться на все то, что выработано и русской и заграничной практикой, и не ограничиваться только подсчетами по формуламъ, достовѣрность которыхъ часто сомнительна, но постараться по возможности провѣрить свои выводы по наилучшимъ подходящимъ образцамъ современныхъ паровозовъ.

Задаваемыми величинами при проектированіи новаго паровоза являются вѣсъ поѣзда (вагоновъ) и скорости хода этого поѣзда на различныхъ элементахъ пути: подъемахъ, площадкахъ, уклонахъ и закругленіяхъ. По этимъ заданнымъ величинамъ надо опредѣлить сопротивленіе поѣзда движенію и работу этого сопротивленія. Эти двѣ послѣднія величины и служатъ непосредственнымъ заданіемъ для проекта паровоза. Конечно, при этомъ нельзя принимать для расчета всѣ элементы пути, встрѣчающіеся на линіи, для которой предназначается паровозъ, такъ какъ это было бы напраснымъ и вреднымъ усложненіемъ задачи. Для заданія берутся только: максимальный подъемъ и наименьшая скорость, допустимая на немъ; подъемъ, наиболѣе часто встрѣчающійся, и скорость на немъ; наконецъ, максимальная скорость на горизонтальномъ и прямомъ пути или на небольшомъ уклонѣ. При назначеніи скоростей можно руководствоваться слѣдующими соображеніями: наименьшая скорость можетъ быть или такая, чтобы только не произошло остановки поѣзда на трудномъ мѣстѣ (10—7 километровъ въ часъ), или такая, чтобы медленный ходъ поѣзда на этомъ подъемѣ все-таки не слишкомъ увеличивалъ время перегона между станціями; максимальная скорость опредѣляется для всякаго паровоза условіемъ безопасности его движенія, при чемъ число оборотовъ движущихъ колесъ въ единицу времени ограничивается нѣкоторой опредѣленной величиной; скорость на наиболѣе частомъ подъемѣ выбирается по соображеніямъ, чтобы поѣздъ не слишкомъ задерживался на немъ и не очень бы удлинилось время перегона.

Кромѣ отвѣчающей условіямъ его службы мощности, отъ европейскаго паровоза требуется наибольшая экономичность въ расходованіи топлива, хотя бы даже цѣною усложненія его кон-

струкціи. Это объясняется высокою цѣною топлива и тѣмъ, что ограниченія срока службы европейскаго паровоза почти нѣтъ и поэтому неэкономичный паровозъ ложится бременемъ на многие послѣдующіе годы. Наоборотъ, въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ топливо дешевле и служба паровоза ограничена сравнительно небольшимъ числомъ лѣтъ, первымъ требованіемъ, не говоря о надлежащей мощности, является конструктивная простота паровоза и наимизшая стоимость его постройки; экономія топлива отходить на второй планъ. Впрочемъ, въ послѣднее время и тамъ, дойдя въ размѣрахъ паровозовъ, кажется, до предѣла возможности, пробуютъ получить дальнѣйшее увеличеніе ихъ мощности примѣненіемъ сдѣланныхъ Европой усовершенствованій.

Проектированіе и служба русскихъ паровозовъ основываются на тѣхъ же принципахъ, что и въ Западной Европѣ, и поэтому желательно, чтобы какъ можно скорѣе всѣ европейскія усовершенствованія стали достояніемъ и русскихъ паровозовъ. Въ послѣдніе годы замѣчается очень большой прогрессъ въ этомъ направленіи, но все-таки осталось сдѣлать еще многое.

Принятые обозначения.

Для типовъ паровозовъ, кромѣ установившихся за ними названій, принято обозначеніе по формулѣ: $a-b-c$, гдѣ a —число переднихъ поддерживающихъ осей, b —число спаренныхъ осей и c —число заднихъ поддерживающихъ осей. Современные паровозы подраздѣляются на слѣдующіе типы:

Съ двумя спаренными осями.	{	2—2—1, Atlantic	— передн. двухосн. телѣжка, задняя поддерж. ось.	
		2—2—2	— передняя и задняя двухосныя телѣжки.	
Съ тремя спаренными осями.	{	1—3—0, Mogul	— впереди биссель.	
		1—3—1, Prairie	— впереди и сзади поддержив. оси.	
		2—3—0, Ten-Wheeler	— впереди двухосн. телѣжка.	
		2—3—1, Pacific	— впереди двухосн. телѣжка, сзади поддерж. ось.	
Съ четырьмя спаренными осями.	{	2—3—2	— впереди и сзади двухосныя телѣжки.	
		0—4—0		
		1—4—0, Consolidation	— впереди биссель.	
Съ пятью спаренными осями.	{	2—4—0, 12-Wheeler	— впереди двухосн. телѣжка.	
		1—4—1, Micado	— впереди и назади поддерж. оси.	
Съ двумя движущими телѣжками.	{	0—5—0		
		1—5—0, Decapod	— впереди биссель.	
		1—5—1, Santa Fe	— впереди и назади поддерж. оси.	
		{	(0—3—0) (0—3—0)	Системы Маллета.
		{	(1—3—0) (0—3—1)	
		{	(0—3—1) (1—3—0)	
		{	(0—4—0) (0—4—0)	
		{		

Для поверхности нагрѣва принята огневая поверхность, т. е. соприкасающаяся съ пламенемъ и горячими газами. Счетъ по огневой поверхности нагрѣва принять въ Западной Европѣ; въ Россіи и Сѣверной Америкѣ считаютъ по водяной. Для единства слѣдуетъ и намъ считать по огневой поверхности, кромѣ того, и по тому, что, напримѣръ, для ребристыхъ трубъ Серва нельзя считать наружную (водяную) поверхность, въ которую совсѣмъ бы не вошла поверхность реберъ.

Поверхность пароперегрѣвателя также принята огневая, а не паровая.

Затѣмъ, приняты слѣдующія обозначенія:

D —Діаметръ спаренныхъ колесъ въ мм.

d —Діаметръ цилиндра высокаго давленія или сдвоенной машины простого расширенія въ мм.

d_1 —Діаметръ цилиндра низкаго давленія въ мм.

l —Ходъ поршня цилиндровъ въ мм.

m —Отношеніе объемовъ цилиндровъ низкаго и высокаго давленія.

h_1 —Огневая поверхность нагрѣва топки въ m^2 .

h_2 —Огневая поверхность нагрѣва дымогарныхъ трубъ (а если есть пароперегрѣватель, то и жаровыхъ трубъ) въ m^2 .

$H_1 = h_1 + h_2$ —Огневая поверхность нагрѣва топки и дымогарныхъ трубъ въ m^2 .

H_2 —Огневая поверхность пароперегрѣвателя въ m^2 .

$H = H_1 + H_2$ —Полная огневая поверхность котла; въ случаѣ отсутствія пароперегрѣвателя $H = H_1$.

R —Площадь колосниковой рѣшетки въ m^2 .

p —Манометрическое давленіе пара въ котлѣ въ $\frac{kg}{cm^2} = \text{атм.}$

P —Вѣсъ паровоза въ рабочемъ состояніи въ t (тоннахъ).

P' —Сцѣпной вѣсъ паровоза въ t .

P'' —Вѣсъ паровоза въ порожнемъ состояніи въ t .

Z —Сила тяги паровоза въ kg .

N_i —Индикаторная работа паровоза въ HP .

N —Работа на кругѣ катанія движущихъ колесъ паровоза въ HP .

V —Скорость въ $\frac{klm}{hr} = \text{вилометрахъ}$ въ часъ.

W —Сопротивленіе поѣзда движенію въ kg .

ГЛАВА I.

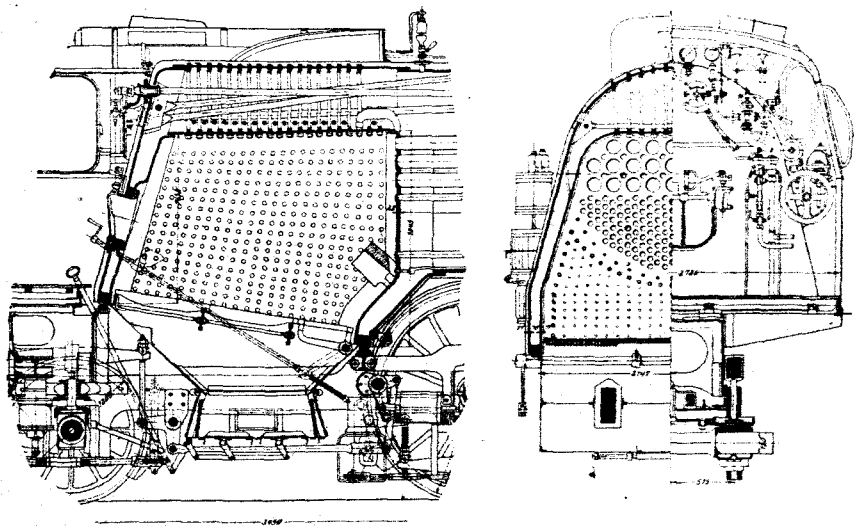
Отличительныя особенности современныхъ паровозовъ.

1. Мощность паровозовъ.

Главнѣйшею отличительною особенностью современныхъ паровозовъ является ихъ большая мощность. Увеличеніе мощности шло постепенно, какъ слѣдствіе возрастанія вѣса поѣздовъ и повышенія скорости ихъ хода. Послѣднее же было прямымъ слѣдствіемъ развитія торговли и промышленности. Современный паровозъ можетъ развить работу до 2.000 индикаторныхъ лошадиныхъ силъ. Средняя скорость курьерскихъ поѣздовъ въ Западной Европѣ и Америкѣ достигаетъ теперь 90—100 километровъ въ часъ. Какъ примѣры укажемъ: во Франціи—экспрессъ Парижъ-Кале со средними скоростями $101,7 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ между Парижемъ и Аміеномъ и $96 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ между Аміеномъ и Кале; наибольшая допускаемая скорость отъ 120 до $125 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$; въ Англии—средняя скорость экспресса между Бристолемъ и Лондономъ достигаетъ $114 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$; въ Германіи—между Гамбургомъ и Виттенбергомъ средняя скорость съ поѣздами по расписанію $86 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$; съ экстренными поѣздами она доходила до $115 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$; въ С.-Америкѣ—самый скорый поѣздъ циркулируетъ между Камденъ (у Филадельфіи) и Атлантикъ-Сити со скоростью $109 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$; вообще же средняя скорость американскихъ поѣздовъ не выше европейской. Въ Россіи еще далеко не дошли до большихъ скоростей и, за небольшими исключеніями, средняя скорость не превышаетъ $50—60 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$. Точно такъ же и для товарныхъ поѣздовъ замѣчается стремленіе, какъ только можно, повысить ихъ вѣсъ и скорость хода въ цѣляхъ уменьшенія эксплуатационныхъ расходовъ и какъ средство увеличенія провозной и пропускной способности многихъ дорогъ съ густымъ движеніемъ. Соотвѣтственно этому сила тяги товарныхъ паровозовъ дошла до 16.000—18.000 klg.

въ Европѣ и до 20.000 klg. въ Америкѣ. Для паровозовъ пригородныхъ и мѣстныхъ поѣздовъ тоже повышена скорость, что при частыхъ остановкахъ этихъ поѣздовъ повлекло за собой увеличеніе сѣбного вѣса паровозовъ и размѣровъ ихъ цилиндровъ въ цѣляхъ улучшения троганія съ мѣста и наискорѣйшаго достиженія требуемыхъ скоростей.

Увеличеніе мощности паровоза прежде всего базируется на увеличеніи площади колосниковой рѣшетки котла, такъ какъ при экономическомъ расходованіи топлива на каждомъ квадратномъ метрѣ рѣшетки можно сжечь въ часъ количество топлива, колеблющееся въ довольно узкихъ предѣлахъ. Естественно поэтому, что новѣйшіе паровозы, производящіе огромную работу и расхо-

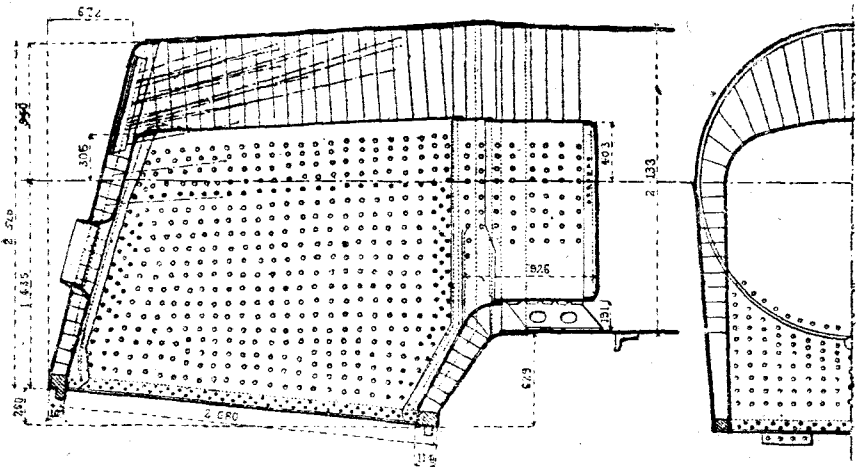


Черт. 1.

дующіе много пара, требуютъ и большую площадь рѣшетки. Въ европейскихъ паровозахъ она дошла до 4,5 м²., въ американскихъ—до 9 м².

Рѣшетки площадью болѣе 3 м². при топкѣ длинной и узкой, опускающейся между рамами, дѣлаются трудно обслуживаемыми изъ-за чрезмѣрной длины. Въ такомъ случаѣ переходятъ къ типу топки широкой и умѣренной длины, проходящей поверхъ рамъ и заднихъ колесъ. Конечно, это возможно только при маломъ диаметрѣ заднихъ колесъ, т. е. въ паровозахъ типовъ Atlantic, Prairie, Pacific и Santa Fe съ задними поддерживающими осями и въ

товарныхъ паровозахъ. Конструкція широкой топки (черт. 1) очень проста: боковыя стѣнки могутъ быть плоскими безъ изгибовъ. Смѣна такой топки можетъ быть произведена снизу безъ расклепки лобового листа кожуха топки. Слой воды надъ тонкой можетъ имѣть поверхность желательной ширины, что важно для получения болѣе сухого пара и для лучшей циркуляціи воды около топки. Обыкновенно у широкой топки трубчатая рѣшетка въ нижней части наклонна и трубчатая часть вынесена впередъ; это дѣлается съ цѣлью уменьшить длину дымогарныхъ трубъ, всегда большую въ типахъ паровозовъ съ поддерживающими задними осями. Кромѣ того для уменьшенія нагрузки на заднюю ось задніе листы топки и кожуха тоже наклонены впередъ. Иногда въ



Черт. 2.

американскихъ паровозахъ трубчатая часть рѣшетки выносится впередъ очень много (одинъ метръ и болѣе) и тогда образуется такъ называемая камера сгорания, имѣющая цѣлью дать возможность топочнымъ газамъ дополнительно соединиться съ воздухомъ, прошедшимъ колосниковую рѣшетку и не успѣвшимъ отдать топливу свой кислородъ (черт. 2).

Естественнымъ послѣдствіемъ увеличенія площади колосниковой рѣшетки явилось увеличеніе поверхности нагрѣва котла, такъ какъ обѣ эти величины находятся въ опредѣленной зависимости другъ отъ друга. Отношеніе $\frac{H}{K}$ зависитъ отъ многихъ данныхъ и главнымъ образомъ отъ свойствъ и качества топлива. Въ Англіи при крупномъ высокой теплопроизводительности углѣ это отношеніе бываетъ отъ 70 до 86, во Франціи доходитъ даже до 90;

наоборотъ, для странъ съ мелкимъ плохимъ углемъ это отношеніе значительно понижается; такъ, для Бельгіи и Австро-Венгріи эти предѣлы отъ 50 до 70; въ Россіи при разнообразнаго сорта топливъ это отношеніе $\frac{H}{R}$ колеблется между 55 и 75, но чаще около 67.

Поверхность нагрѣва котловъ европейскихъ паровозовъ бываетъ чаще всего около 230—250 м². и достигла теперь 300 м².; въ С.-Америкѣ эта поверхность дошла до колоссальной величины 500 м².; при этомъ дымогарныя трубы получаютъ значительную длину—болѣе 6.000 мм. при наружномъ діаметрѣ уже не 50 мм., какъ прежде, а 55 и 57 мм.

Затѣмъ, современные паровозы никогда не имѣютъ котловое давленіе ниже 12 атмосферъ, но чаще всего 14, 15 и достигли теперь 16 атмосферъ. Объясненіе такого стремленія повысить давленіе въ котлѣ найдемъ въ томъ, что высокимъ давленіемъ пара можно повысить силу паровоза безъ увеличенія размѣровъ машины и поверхности нагрѣва котла. Впрочемъ, давленіе въ 16 атмосферъ можно считать предѣльнымъ, такъ какъ выгоды дальнѣйшаго повышенія давленія пара не окупаютъ конструктивныхъ усложненій и расходовъ на ремонтъ, вызываемыхъ повышеніемъ температуры пара. Что касается машины, то, конечно, въ современныхъ паровозахъ она получила очень большіе размѣры. При этомъ въ двухцилиндровыхъ паровозахъ системы компаундъ діаметръ большого цилиндра уже достигъ 850 мм., что можно считать предѣломъ для европейскихъ паровозовъ; въ С.-Америкѣ этотъ предѣлъ выше и именно 890 мм. Въ Россіи еще не использовали вполнѣ своего широкаго габарита, и поэтому покаместъ двухцилиндровый компаундъ—господствующій типъ паровоза. Въ Западной Европѣ по условіямъ тѣснаго габарита почти совсѣмъ оставили этотъ типъ и перешли теперь къ болѣе мощному четырехцилиндровому паровозу съ колѣнчатой осью. Двухцилиндровый паровозъ распространенъ тамъ съ перегрѣвомъ пара въ формѣ сдвоеннаго съ простой машиной, діаметръ цилиндровъ которой допускаетъ еще большое увеличеніе. При этомъ и перегрѣвъ пара даетъ довольно значительное повышеніе мощности паровоза.

Современный паровозъ съ мощными машиной и котломъ ириобрѣтаетъ значительный вѣсъ. Большая часть этого вѣса утилизируется для сцепленія колесъ съ рельсами, такъ какъ сильная машина требуетъ большого сцепнаго вѣса паровоза. Величина нагрузки, допускаемой на ось, въ разныхъ странахъ различная. Смотри по величинѣ этой нагрузки, общій вѣсъ паровоза

распредѣляется на большее или меньшее число осей. Въ западной Европѣ, за исключеніемъ Англїи, допускается отъ 15 до 18 тоннъ на ось; въ Англїи—до 20 тоннъ; въ С.-Америкѣ—до 25 тоннъ. Соотвѣтственно этому европейскіе паровозы никогда не достигаютъ колоссальной мощности своихъ американскихъ собратій. Въ Россіи еще недавно норма допускаемой на ось нагрузки была 15 тоннъ; но теперъ уже замѣчается тенденція увеличить ее: для первыхъ четырехцилиндровыхъ паровозовъ съ колѣнчатой осью разрѣшена нагрузка 16 тоннъ; и предполагается вообще повысить ее до 16,5 тоннъ, что является уже необходимымъ въ виду растущей мощности русскихъ паровозовъ.

2. Экономичность дѣйствія машины и котла.

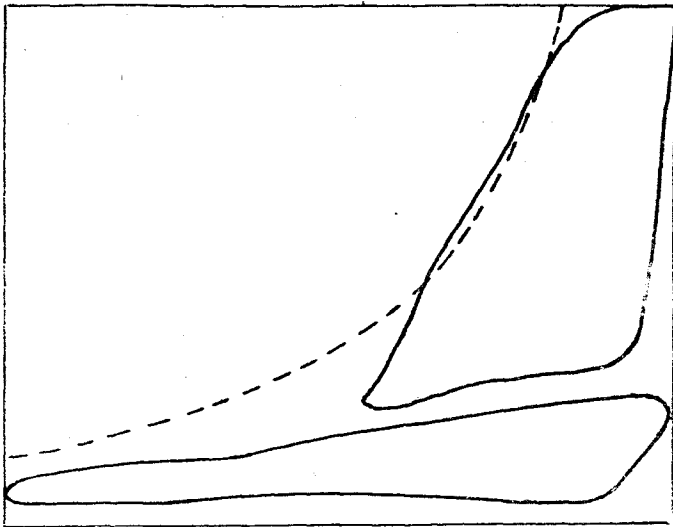
Второй важнѣйшей особенностью современныхъ паровозовъ является ихъ бoльшая экономичность по сравненію съ паровозами старыхъ типовъ. Эта экономичность выражается въ томъ, что новѣйшіе паровозы на единицу производимой ими громадной работы тратятъ меньше пара и топлива, чѣмъ старые паровозы. Это есть, конечно, результатъ всѣхъ усовершенствованій въ котлѣ, машинѣ и экипажѣ паровоза; благодаря этимъ усовершенствованіямъ улучшилось использование топлива и пара и уменьшилось сопротивленіе паровоза движенію.

Въ этомъ отношеніи важнѣйшую роль играетъ примѣненіе къ паровозной машинѣ принципа компаундъ. Паровозы компаундъ, конечно, не новостъ: впервые они появились еще въ семидесятыхъ годахъ XIX столѣтія. Долгое время велась борьба между двухкратнымъ и однократнымъ расширеніемъ пара въ паровозной машинѣ; и часто случалось, что побѣда бывала не на сторонѣ системы компаундъ. Затѣмъ, паровозы компаундъ постепенно совершенствовались по указаніямъ практики ихъ службы и спеціальныхъ опытовъ надъ ними. Въ настоящее время они стоятъ на высокой степени развитія. Какими свойствами и особенностями должны обладать вновь проектируемые компаундъ паровозы лучше всего увидимъ, разсмотрѣвъ положительныя и отрицательныя качества этой системы и условія наилучшаго ея дѣйствія.

Главнѣйшимъ положительнымъ свойствомъ системы компаундъ является раздѣленіе расширения пара между двумя цилиндрами, что обуславливаетъ меньшую потерю пара на конденсацію, благодаря меньшей разности температуръ свѣжаго и мятаго пара въ каждомъ цилиндрѣ и, слѣдовательно, меньшей разности температуръ стѣнокъ цилиндровъ. Затѣмъ, въ машинѣ компаундъ степень

расширения пара всегда больше, чѣмъ въ простой машинѣ, что способствуетъ лучшему использованию энергій пара.

Отрицательнымъ свойствомъ системы компаундъ является потеря на площади индикаторной діаграммы, вслѣдствіе потери давленія пара при переходѣ его изъ малаго цилиндра въ большой. Рассматривая въ совокупности діаграммы малаго и большого цилиндровъ (черт. 3), увидимъ, что кривая выпуска пара въ большой



Черт. 3.

цилиндръ лежитъ ниже кривой выпуска изъ малаго; заключенная между этими кривыми площадь и представляетъ потерю на индикаторной работѣ въ машинѣ компаундъ; конечно, подобной потери нѣтъ въ машинѣ простого расширения. Такое явленіе въ машинѣ компаундъ происходитъ отъ сжатія пара въ ресиверѣ, когда произошла отсѣчка въ больномъ цилиндрѣ въ то время, какъ выпускъ пара изъ малаго еще продолжается. Это явленіе очень сильно замѣтно при недостаточномъ отношеніи объемовъ обоихъ цилиндровъ и при равенствѣ степени наполненія ихъ. При этомъ сжатіе пара въ ресиверѣ обусловливаетъ большое протяводавленіе въ маломъ цилиндрѣ и меньшую его работу по сравненію съ работой большого цилиндра; при большемъ сжатіи въ маломъ цилиндрѣ (особенно при отсѣчкахъ меньшихъ 50%) работа его можетъ сдѣлаться очень незначительною и даже принять отрицательное значеніе. Кромѣ того, сжатіе пара въ ресиверѣ даетъ

еще добавочную конденсацию пара въ немъ. Всѣ эти нежелательныя, вредныя явленія ослабляются или даже уничтожаются при отношеніи объемовъ обоихъ цилиндровъ равномъ или большемъ 2,9 или примѣненіемъ значительной разницы одновременныхъ наполненій цилиндровъ высокаго и низкаго давленія, и кромѣ того при пользованіи высокимъ давленіемъ пара въ котлѣ. Потеря на индикаторной діаграммѣ будетъ тѣмъ меньше относительно, чѣмъ больше будетъ вся площадь діаграммы машины компаундъ, т. е. чѣмъ выше будетъ давленіе свѣжаго пара. Конечно, и этой причиною объясняется такое широкое примѣненіе высокаго котлового давленія въ 15 и 16 атмосферъ.

Двухкратное расширеніе пара примѣняется въ паровозахъ въ формѣ машины двухъ-трехъ-и четырехъ-цилиндровой.

Двухцилиндровые паровозы представляютъ типъ, уже дошедшій до возможнаго для него предѣла мощности. По причинѣ большого діаметра цилиндра низкаго давленія дальнѣйшее развитіе этого типа паровоза затруднительно. Къ числу недостатковъ этихъ паровозовъ относится необходимость прибора троганія съ мѣста и ихъ несимметричность, усложняющая уравновѣшеніе поступательно-движущихся массъ ихъ машины. По этимъ причинамъ отношеніе объемовъ обоихъ цилиндровъ не бываетъ болѣе 2,34; въ Россіи же это отношеніе имѣетъ наибольшую величину 2,25. Въ такомъ случаѣ для этихъ паровозовъ имѣетъ особенно важное значеніе большая разница степеней наполненія обоихъ цилиндровъ. Къ сожалѣнію, въ этихъ паровозахъ вообще это важное требованіе не выполняется. Изъ немногихъ примѣровъ вполне рациональнаго проектированія двухцилиндровой машины системы компаундъ укажемъ на новѣйшіе типы двухцилиндровыхъ компаундъ паровозовъ итальянскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ (см. главу V).

За положительную сторону двухцилиндровыхъ компаундъ паровозовъ можно считать только то, что это наиболѣе дешевый типъ машины компаундъ.

Трехцилиндровые паровозы бываютъ двухъ типовъ: 1) съ двумя малыми и однимъ большимъ цилиндрами (система Webb) и 2) съ однимъ малымъ и двумя большими цилиндрами, съ кривошипными подъ 120° другъ къ другу (система Gothard) и съ кривошипными подъ 90° для двухъ и подъ 135° для третьяго (система Smith). Послѣдній типъ долженъ быть снабженъ приборомъ управленія. При этомъ могутъ быть или одна или двѣ ведущихъ осей. Трехцилиндровые паровозы никогда не были особенно распространены и не имѣютъ будущаго: они во всякомъ случаѣ много

сложнѣе двухцилиндровыхъ, но не имѣютъ преимуществъ четырехцилиндровыхъ паровозовъ.

Четырехцилиндровые компаундъ-паровозы съ колѣнчатой осью представляютъ наиболѣе распространенный типъ современнаго паровоза. По всей вѣроятности это также и типъ будущаго, но только въ какихъ-нибудь еще болѣе совершенныхъ формахъ.

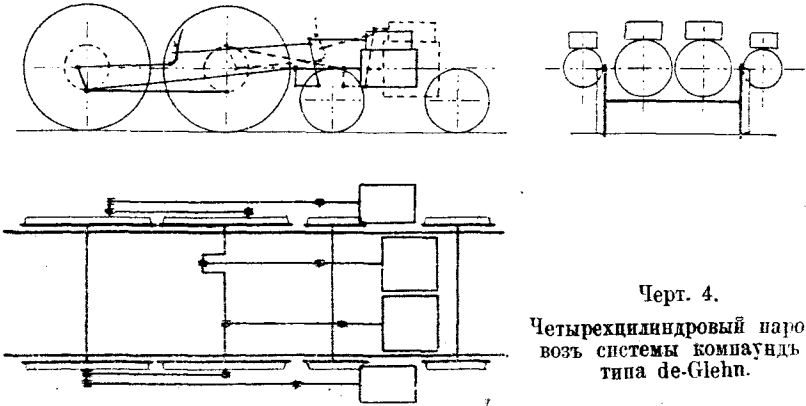
Первая стадія развитія четырехцилиндровыхъ паровозовъ безъ примѣненія колѣнчатой оси, съ наружными цилиндрами имѣетъ два типа, не обладающихъ преимуществами паровозовъ съ колѣнчатой осью. Оба эти типа: Воклена (старой конструкціи) и таядемъ-компаундъ отличаются слишкомъ большимъ вѣсомъ поступательно-движущихся частей механизма, дѣлающимъ невозможнымъ надлежащее уравновѣшеніе паровоза; кромѣ того, и машина изъ-за конструктивной связи парораспределеній обоихъ цилиндровъ не можетъ быть рационально спроектирована.

Наоборотъ четырехцилиндровые паровозы съ колѣнчатой осью, съ двумя наружными и двумя внутренними цилиндрами, представляютъ счастливое сочетаніе прекрасныхъ механическихъ свойствъ съ термическимъ совершенствомъ машины. Въ этихъ паровозахъ можетъ быть одна или двѣ ведущихъ осей; при этомъ кривошипы одной стороны заклинены подъ угломъ 180° другъ къ другу, а соотвѣтственные кривошипы одной стороны съ кривошипами другой стороны составляютъ уголъ 90° . Такое устройство даетъ достаточное уравновѣшеніе поступательно-движущихся массъ машины паровоза. Четырехцилиндровые съ колѣнчатой осью паровозы представляютъ довольно большое разнообразіе типовъ, и при этомъ каждый изъ нихъ имѣетъ свои существенныя преимущества и, конечно, не лишень недостатковъ. Разсмотримъ эти типы.

Типъ французскій, или de-Glehn'a, съ двумя ведущими осями.

Паровозы этого типа имѣютъ четыре парораспределительныхъ механизма, при чемъ управление механизмами малыхъ и большихъ цилиндровъ независимо одно отъ другого. Цилиндры высокаго давленія поставлены снаружи рамъ и управляютъ второю ведущею осью; цилиндры низкаго давленія внутри между рамъ управляютъ первою ведущею колѣнчатой осью и вынесены впередъ относительно малыхъ цилиндровъ (черт. 4). На паровозахъ дороги Paris-Lyon-à la Méditerranée парораспределенія обѣихъ группъ цилиндровъ сопряжены между собой такимъ образомъ, что при всевозможныхъ наполненіяхъ цилиндровъ высокаго давленія въ цилиндрахъ низкаго давленія сохраняется всегда наполненіе наибольшее (70%), измѣняясь только на передній или задній ходъ паровоза. На нѣко-

торыхъ новѣйшихъ паровозахъ съ очень большими размѣрами цилиндровъ низкаго давленія эти цилиндры, наоборотъ, поставлены снаружи рамъ, малые же—внутри рамъ. Отношеніе объемовъ цилиндровъ большихъ и малыхъ бываетъ отъ 2,35 до 2,8, наичаще

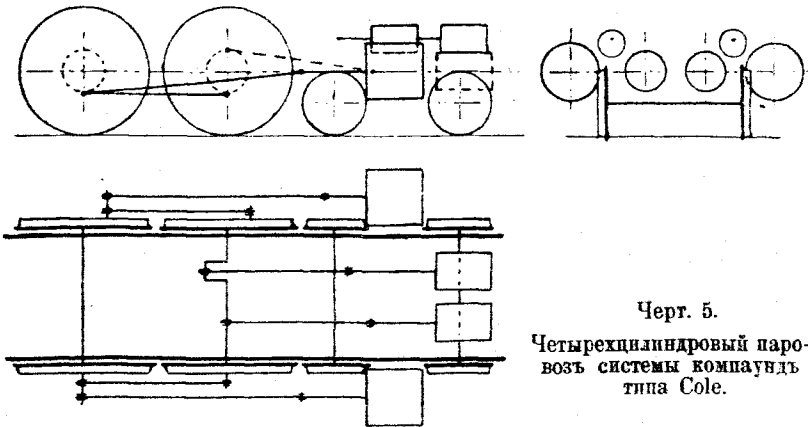


Черт. 4.

Четырехцилиндровый паровозъ системы компаундъ типа de-Glehn.

отъ 2,5 до 2,7. Большая величина этого отношенія не нужна въ виду возможности имѣть достаточную разницу въ наполненіяхъ тѣхъ и другихъ цилиндровъ.

Типъ американскій, или Cole, представляетъ только вариантъ предыдущаго типа; въ немъ расположеніе осей и цилиндровъ подобно типу de Glehn; цилиндры низкаго давленія большого ді-



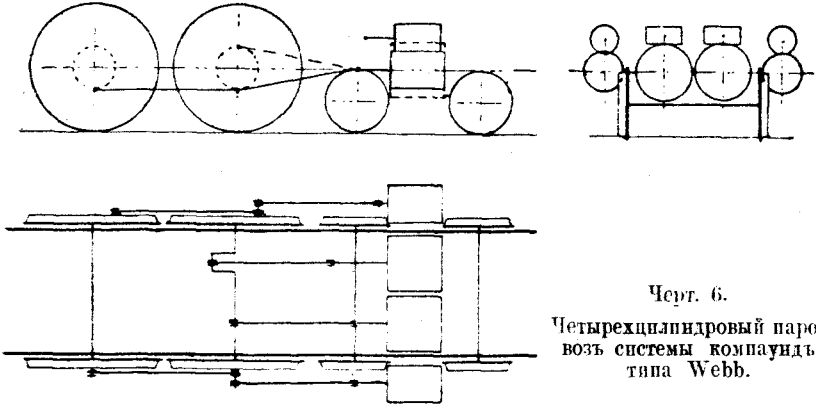
Черт. 5.

Четырехцилиндровый паровозъ системы компаундъ типа Cole.

метра расположены снаружи. Все отличіе этого типа заключается въ парораспределеніи: оба золотника (малаго и большого цилиндровъ) насажены на одномъ штокѣ и приводятся въ движеніе однимъ механизмомъ на каждой сторонѣ паровоза (черт. 5). Отношеніе объе-

мовъ цилиндровъ не должно быть менѣе 2,8 по причинѣ невозможности получеши большой разницы отсѣчекъ въ обоихъ цилиндрахъ.

Типъ съ одной ведущею осью и съ четырьмя цилиндрами, помѣщенными въ одной поперечной плоскости.



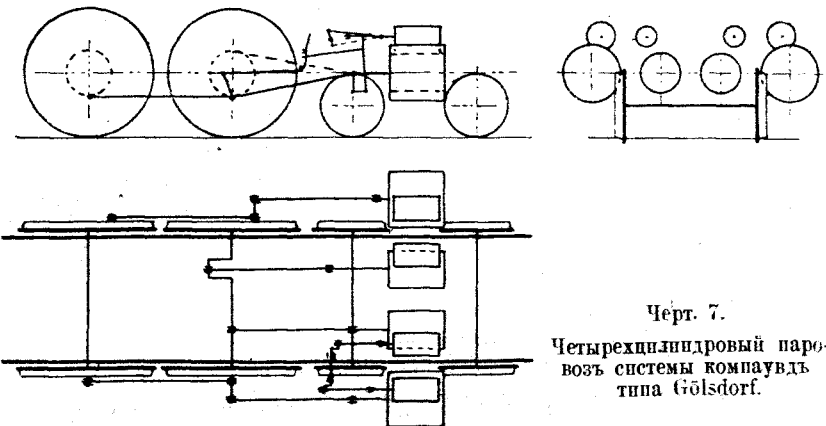
Черт. 6.

Четырехцилиндровый паровоз системы компаундъ типа Webb.

Этотъ типъ имѣетъ нѣсколько рѣзко отличающихся другъ отъ друга конструкций, данныхъ инженерами различныхъ странъ.

Типъ Webb съ четырьмя парораспределительными механизмами, управляемыми независимо другъ отъ друга (черт. 6). Подобно французскому типу отношеніе объемовъ цилиндровъ можетъ быть отъ 2,5 до 2,7.

Типы Gölsdorf и *Maffei* съ двумя парораспределительными

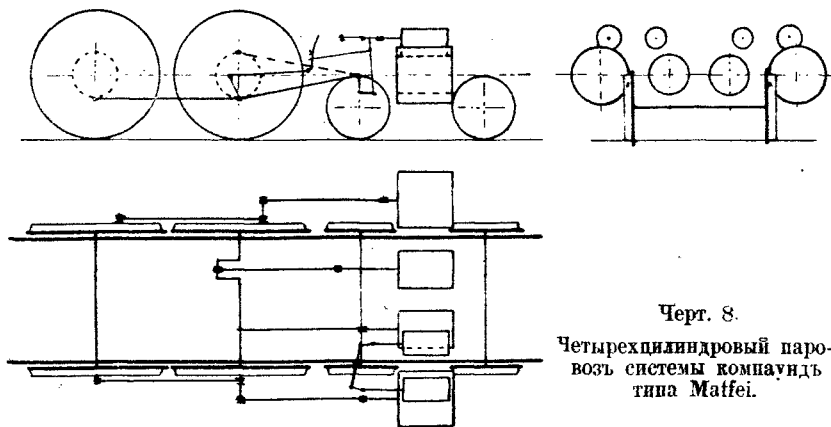


Черт. 7.

Четырехцилиндровый паровоз системы компаундъ типа Gölsdorf.

механизмами и съ четырьмя золотниками. Въ этихъ паровозахъ золотники наружныхъ цилиндровъ низкаго давленія приводятся въ движеніе наружнымъ механизмомъ Гейзингера - фонъ - Вальдеггъ. Въ конструкціи Gölsdorf (черт. 7) движеніе золотникамъ внутрен-

нихъ цилиндровъ высокаго давленія передается отъ наружныхъ золотниковъ чрезъ посредство горизонтальныхъ поперечныхъ валовъ съ неравными колѣнами; кулаки золотниковыхъ штоковъ сопряжены съ концами этихъ колѣнъ поводками. Конструкція Maffei (черт. 8) подобна предыдущей съ той только разницей, что здѣсь имѣется не валъ, а поперечный неравноплечій горизонтальный рычагъ. Отношеніе объемовъ цилиндровъ въ паровозахъ типа Gölsdorf и Maffei не бываетъ менѣе 2,8 (чаще 2,9), такъ какъ разница наполненій

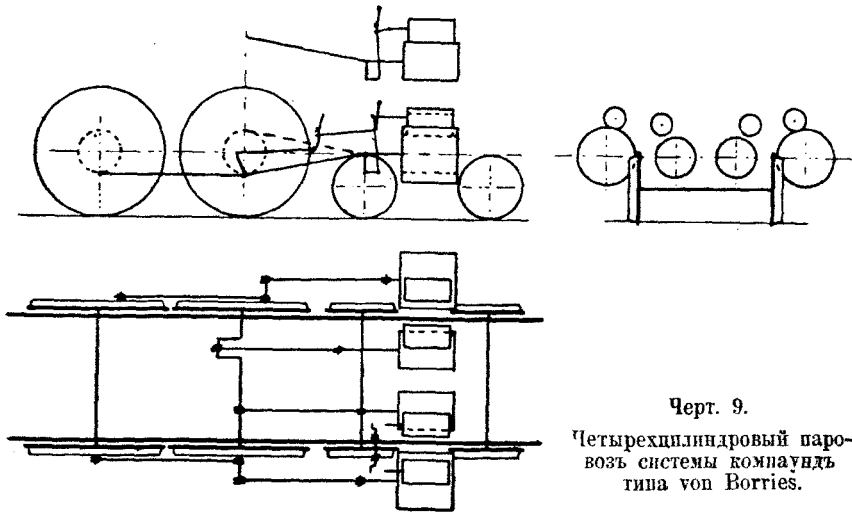


Черт. 8.
Четырехцилиндровый паровозъ системы компаундъ типа Maffei.

большихъ и малыхъ цилиндровъ здѣсь не можетъ быть очень велика (не болѣе 3⁰/₀).

Tunz von Borries съ двумя наружными кулисными механизмами Гейзингера-фонъ-Вальдеггъ для золотниковъ наружныхъ цилиндровъ (низкаго давленія); для золотниковъ внутреннихъ цилиндровъ имѣются только два маятника (кулисы нѣтъ) этого же механизма. Передача движенія внутреннему маятнику отъ наружной кулисы совершается чрезъ посредство поперечнаго горизонтальнаго вала (по одному на каждую группу цилиндровъ) съ наружнымъ и внутреннимъ колѣнами; къ вонцамъ этихъ колѣнъ и надѣшены наружный и внутренній маятники за головки, которыми они соединяются съ кулисной тягой; передача движенія отъ другой головки маятниковъ соотвѣствующимъ золотникамъ производится чрезъ посредство поводковъ (черт. 9). Колѣно поперечнаго вала на сторонѣ большихъ цилиндровъ длиннѣе колѣна на сторонѣ малыхъ; такимъ способомъ достигается, что ходъ золотника и уголъ предваренія у большихъ цилиндровъ больше, чѣмъ у малыхъ, т. е. всегда степень наоленія цилиндровъ низкаго давленія больше степени наоленія цилиндровъ высокаго давленія. Разницу въ наполненіяхъ для среднихъ зубьевъ реверса можно имѣть болѣе 20⁰/₀.

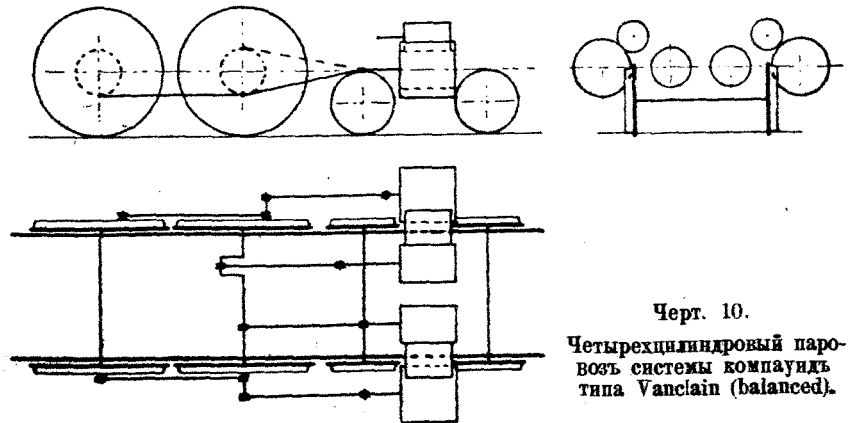
Поэтому отношение объемов цилиндров может быть около 2,5, хотя, конечно, желательна и несколько большая величина. Малые золотники съ внутреннимъ впускомъ пара.



Черт. 9.

Четырехцилиндровый паровозъ системы компаундъ типа von Borries.

Типъ Vauclain (новой системы „balanced“) съ двумя парораспределительными механизмами и двумя только золотниками. Группа цилиндровъ каждой стороны паровоза состоитъ изъ наружнаго большого и внутренняго малаго цилиндровъ съ общимъ цилиндрическимъ золотникомъ; все это въ одной отливкѣ (черт. 10).



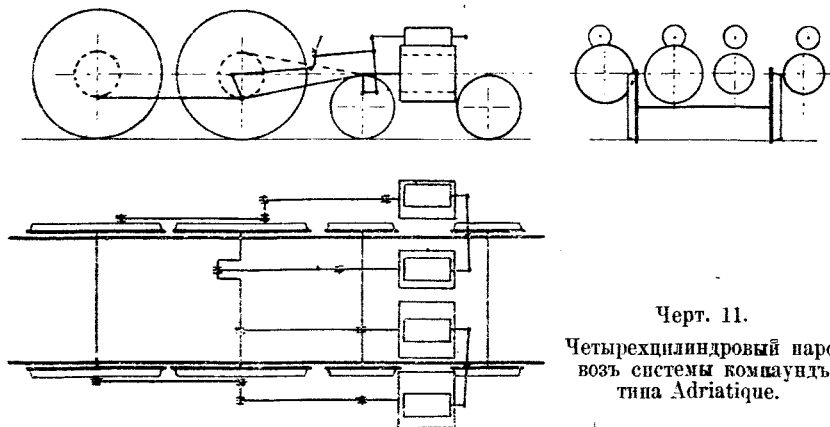
Черт. 10.

Четырехцилиндровый паровозъ системы компаундъ типа Vauclain (balanced).

Отношение объемовъ цилиндровъ не слѣдуетъ дѣлать менѣе 2,8 или 2,9. Этотъ типъ отличается простотой, но наличность единственнаго общаго золотника для пара высокаго (свѣжій) и низкаго

(выходящий въ конусъ) давленія имѣеть слѣдствіемъ конденсацію свѣжаго пара.

Tunz Adriatique съ двумя малыми цилиндрами на лѣвой сторонѣ паровоза (одинъ наружный, другой внутренній) и съ двумя большими цилиндрами (одинъ наружный, другой внутренній) на правой; здѣсь имѣются два наружныхъ механизма системы Гейзигера фонъ-Вальдегга и четыре цилиндрическихъ золотника (черт. 11). Парораспределенія обѣихъ группъ отличаются размѣрами плечей



Черт. 11.

Четырехцилиндровый паровозъ системы компаундъ типа *Adriatique*.

маятниковъ и перекрышь золотниковъ. Разница въ наполненіяхъ обѣихъ цилиндровъ можетъ быть до 12⁰/₀; поэтому отношеніе объемовъ цилиндровъ не слѣдуетъ дѣлать менѣе 2,65. Этотъ типъ можетъ считаться простымъ, хорошо уравновѣшеннымъ; его недостаткомъ является необходимость прибора отправления, какъ въ двухцилиндровыхъ паровозахъ компаундъ.

Каждый изъ разсмотрѣнныхъ типовъ обладаетъ и положительными и отрицательными качествами; въ частныхъ случаяхъ извѣстный типъ можетъ оказаться предпочтительнымъ предъ другими.

Въ паровозахъ *de-Glehn'a*, въ которыхъ цилиндры не расположены въ одномъ поперечномъ сѣченіи, вѣсъ машины распределенъ болѣе равномерно и передняя часть паровоза не перегружена ею; затѣмъ сѣпные дышла менѣе напряжены, благодаря распределенію вращающей силы на двѣ оси. Къ числу отрицательныхъ свойствъ ихъ можно отнести расположеніе большей части паропровода снаружи (а не внутри, не въ дымовой коробкѣ), что можетъ влечь за собой охлажденіе и конденсацію пара; въ этихъ паровозахъ рамы напряжены сильнѣе, чѣмъ въ типѣ съ одной ведущею осью и необходимы сильныя поперечныя сврѣпленія рамъ

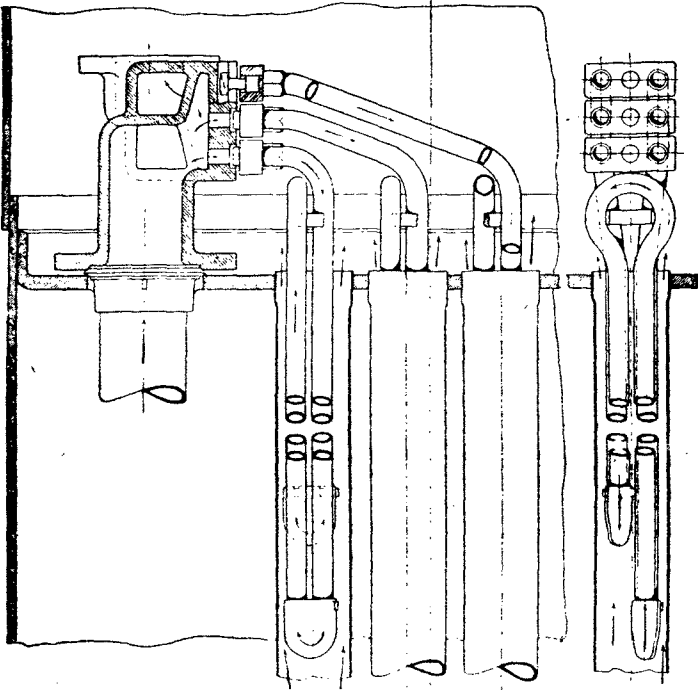
между собой въ плоскости расположенія наружныхъ цилиндровъ; это утяжеляетъ паровозъ и загромождаетъ внутреннее пространство между рамами.

Въ паровозахъ съ одной ведущею осью паропроводъ, наоборотъ, расположенъ въ дымовой коробкѣ и тѣмъ исключена возможность охлажденія пара; внутренніе цилиндры, помѣщенные въ одной поперечной плоскости съ наружными, представляютъ наилучшее скрѣпленіе между рамами; рамы напряжены подѣ дѣйствіемъ машины менѣе, чѣмъ въ типѣ de-Glehn'a; сдѣланныя же дышла напряжены болѣе, такъ какъ передаютъ полную вращающую силу. Недостатки этихъ паровозовъ заключаются въ перегрузкѣ передней части паровоза, что можетъ доставить затрудненія для продольнаго уравновѣшенія паровоза, и въ большихъ скручивающихъ успліяхъ на ведущую ось; между тѣмъ усилія изгибающія эту ось менѣе, чѣмъ въ паровозахъ французскаго типа.

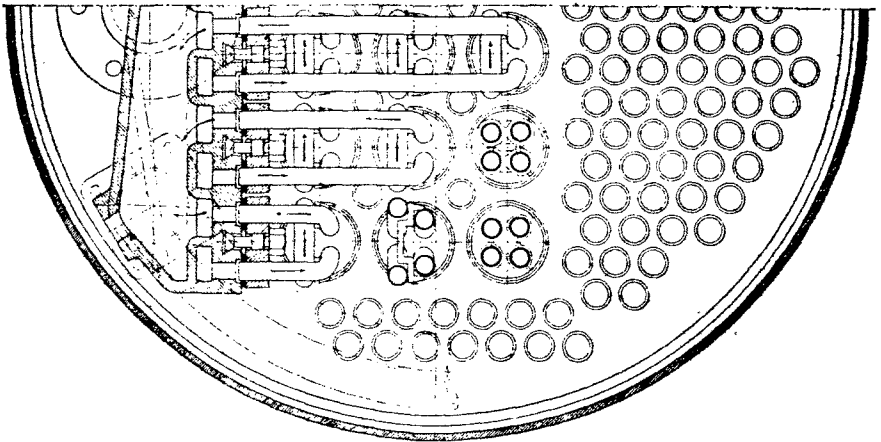
Въ четырехцилиндровыхъ паровозахъ съ колѣнчатую осью давленія движущей силы на пальцы ведущихъ осей почти въ половину меньше, чѣмъ въ двухцилиндровыхъ; слѣдовательно, и износъ какъ пальцевъ, такъ и прочихъ частей движущаго механизма значительно менѣе. Это должно отчасти компенсировать большую стоимость четырехцилиндровыхъ паровозовъ. По сравненію съ паровозами простого расширенія четырехцилиндровые компаундъ-паровозы при самыхъ разнообразныхъ условіяхъ работы экономичнѣе утилизируютъ паръ, такъ какъ и при большихъ наполненіяхъ расширеніе пара, благодаря большому отношенію объемовъ цилиндровъ еще очень значительно; напримѣръ, при отношеніи объемовъ, равномъ 2,5, и при наполненіи 0,60 расширеніе пара доходитъ до четырехъ объемовъ; между тѣмъ для простой машины при томъ же наполненіи расширеніе не достигаетъ и двухъ объемовъ.

Кромѣ принципа компаундъ большое усовершенствованіе представляетъ примѣненіе въ паровозахъ высоко-перегрѣтаго пара. Первые пароперегрѣватели (удачные) для паровозовъ были спроектированы Вильгельмомъ Шмидтомъ въ Германіи въ 1898 году. Примѣненіе перегрѣтаго пара (обыкновенно до температуры около 350°) въ паровозахъ особенно сильно развилось за послѣдніе годы. Изъ многихъ типовъ пароперегрѣвателей наилучшимъ оказался третій вариантъ системы Вильгельма Шмидта — „въ жаровыхъ трубахъ“. Пароперегрѣватель этой системы получилъ повсемѣстное распространеніе и покамѣстъ не имѣетъ себѣ серьезныхъ соперниковъ.

Пароперегрѣватель въ жаровыхъ трубахъ системы В. Шмидта имѣетъ слѣдующую вонструвцію (черт. 12). Нѣсколько верхнихъ рядовъ дымогарныхъ трубъ котла замѣнены тремя рядами трубъ



Черт. 12.



большого диаметра (наружный диаметр 127,133 мм.); каждая такая труба содержит в себя две U-образных трубы диаметра 32 мм., одни концы которых спереди и сзади соединены стальными колпачками, другие же прикреплены на фланцах бол-

тами къ нижней или передней стѣнкѣ перегрѣвательной коробки. Паръ изъ регуляторной трубы поступаетъ въ одно отдѣленіе этой коробки, затѣмъ совершаетъ четыре оборота по пароперегрѣвательнымъ трубкамъ и возвращается опять въ пароперегрѣвательную коробку, въ другое отдѣленіе и уже оттуда идетъ въ цилиндры. Части трубъ, выходящія въ дымовую коробку, окружены кожухомъ съ дверками изъ трехъ щитковъ. Когда регуляторъ открытъ, дверки кожуха автоматически открываются и горячіе газы проходятъ по жаровымъ трубамъ въ дымовую коробку. По закрытіи регулятора, закрываются и дверки и прекращается тяга чрезъ жаровыя трубы. Въ случаѣ незакрытія дверецъ перегрѣвательныя трубы могутъ накаливаться, перегорать и лопаться. Жаровыя трубы очень скоро засоряются золой и требуютъ частой прочистки и продувки паромъ или сжатымъ воздухомъ въ предупрежденіе сильнаго паденія степени перегрѣва. Такимъ образомъ, пароперегрѣватель, кромѣ повышенія стоимости паровоза и усложненія котла, влечетъ за собой и добавочныя издержки по его содержанію и ремонту. Затѣмъ, вслѣдствіе нѣсколько большей текучести перегрѣтаго пара, усиливается пропускъ его золотниками и, слѣдовательно, является нужда въ особенно плотныхъ золотникахъ, но въ то же время и возможно полнѣе уравниваемыхъ, такъ какъ перегрѣтый паръ совсѣмъ не служитъ смазкой. Впрочемъ, трудности смазки пориней и золотниковъ были устранены примѣненіемъ маслъ съ высокой температурой воспламененія и нагнетательныхъ смазочныхъ приборовъ. Несмотря на всѣ неудобства и недостатки перегрѣтаго пара, примѣненіе его можетъ оказаться выгоднымъ, благодаря его другимъ драгоценнымъ качествамъ. Главнѣйшее преимущество высокоперегрѣтаго пара (до температуры около 350°) заключается въ томъ, что при работѣ въ цилиндрахъ онъ или вовсе не переходитъ въ насыщенное состояніе и не конденсируется, или достигаетъ этого состоянія только въ концѣ расширенія, и конденсація тогда падаетъ до минимума; есть указанія по послѣднимъ испытаніямъ паровозовъ съ пароперегрѣвателями въ Италіи и Франціи, что конденсація при извѣстныхъ условіяхъ нѣтъ вовсе. Коэффициентъ передачи тепла отъ насыщеннаго пара стѣпканъ цилиндра очень великъ, если онъ покрытъ влажностью въ формѣ росы, и очень малъ, если стѣнки сухія. Когда паръ достаточно перегрѣтъ, онъ можетъ охладиться при расширеніи безъ конденсаціи, и такъ какъ онъ не покроетъ влажностью стѣножь цилиндра, то и не послѣдуетъ большого охлажденія ихъ. Въ машинахъ простого расширенія съ насыщеннымъ паромъ потеря на конденсацію достигаетъ $30-40\%$ общаго количества израсходованнаго пара; въ машинахъ двухкрат-

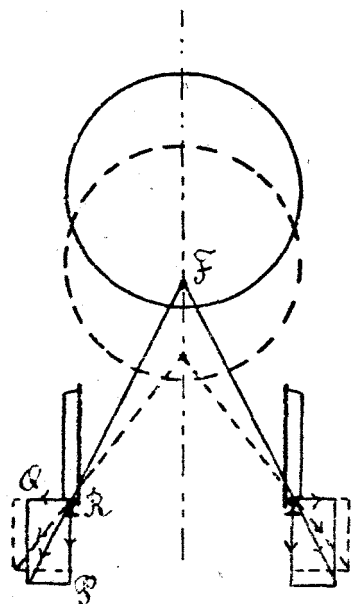
наго расширенія эта потеря равна $15-25^0/0$. Уничтожая эти потери примѣненіемъ перегрѣва пара, можно получить соотвѣтственную экономію въ расходѣ пара, или въ такой же пропорціи повысить мощность паровоза. Экономія топлива должна быть, конечно, меньше, потому что для перегрѣва расходуется добавочное количество тепла. Затѣмъ, важнымъ свойствомъ перегрѣтаго пара является его меньшая плотность по сравненію съ насыщеннымъ, вслѣдствіе чего для лучшаго использованія пара требуется давать цилиндрамъ большій діаметръ; это имѣетъ и свои хорошія стороны: возможность понизить котловое давленіе, что благоприятно отражается на сохранности котла, и возможность примѣнять меньшія степени наполненія, т. е. лучше использовать паръ расширеніемъ. При простой же машинѣ съ насыщеннымъ паромъ большой діаметръ цилиндра слишкомъ неблагоприятенъ въ смыслѣ увеличенія конденсаціи пара.

Вопросъ о томъ, съ какой машиной, простой или компаундъ, слѣдуетъ строить паровозы съ пароперегрѣвателями, остается открытымъ. До сихъ поръ въ большинствѣ случаевъ они строились съ простой машиной, но по послѣднимъ тенденціямъ въ паровозостроеніи можно предполагать, что предпочтеніе получить машина компаундъ. Въ простой машинѣ примѣненіемъ перегрѣва уничтожается конденсація пара, но использованіе его при всѣхъ наполненіяхъ неудовлетворительное: при малыхъ отсѣчкахъ изъ за малаго открытія оконъ и слишкомъ ранняго выпуска пара, что является слѣдствіемъ свойствъ кулисныхъ механизмовъ; при большихъ отсѣчкахъ—изъ за слишкомъ малаго расширенія пара. Въ машинѣ компаундъ расширеніе и при значительныхъ наполненіяхъ будетъ достаточное; между тѣмъ при перегрѣтомъ до 300^0 и болѣе парѣ и при достаточной защитѣ его отъ охлажденія при переходѣ изъ малаго цилиндра въ большой можно считать, что конденсаціи не будетъ и въ цилиндрѣ низкаго давленія. Это подтверждается послѣдними опытами 1908 года на французской Западной желѣзной дорогѣ съ паровозами четырехцилиндровыми компаундъ съ перегрѣтымъ паромъ при котловомъ давленіи въ 15 атмосферъ: при начальномъ перегрѣвѣ до $310-330^0$ паръ, отработавшій въ цилиндрахъ низкаго давленія, имѣлъ еще перегрѣвъ около $10-12^0$. Принявъ во вниманіе всѣ преимущества двухкратнаго расширенія и между прочимъ и то, что, благодаря меньшей разности давленій рабочаго и отработавшаго въ каждомъ цилиндрѣ пара, утечки перегрѣтаго пара чрезъ поршни и золотники машины компаундъ будутъ значительно меньше, можно быть увѣреннымъ, что комбинація принципа компаундъ съ перегрѣвомъ пара дастъ максимумъ сбереженія воды и топлива.

3. Уравновѣшенность паровозовъ; спокойствіе и плавность ихъ хода.

Примѣненіе въ паровозахъ четырехцилиндровой машины и колѣнчатой ведущей оси, кромѣ усовершенствованія машины, даетъ уравновѣшеніе массъ, вращающихся около осей колесъ, и уравновѣшеніе массъ частей движущаго механизма машины, движущихся поступательно взадъ и впередъ. Такое уравновѣшеніе сильно ослабляетъ и даже почти уничтожаетъ извилистыя движенія самого паровоза, происходяція отъ движенія частей механизма. Поступательное перемѣнное взадъ и впередъ движеніе поршня со штокомъ, крейцкопфа, малой головки шатуна съ нѣкоторою его частью производятъ два важнѣйшихъ паразитическихъ движенія паровоза: 1) подергиваніе, т.-е. перемѣненіе паровоза взадъ и впередъ вдоль продольной его оси подъ дѣйствіемъ инерціи движенія этихъ массъ; 2) виляніе, т.-е. вращеніе всего паровоза около вертикальной его оси подъ дѣйствіемъ момента этихъ же массъ при плечѣ равномъ разстоянію центра тяжести массъ отъ продольной осевой плоскости паровоза. Помѣщаемые въ колесахъ противовѣсы представляютъ равнодѣйствующія двухъ родовъ противовѣсовъ; противовѣсы одного рода служатъ для уравновѣшенія центробѣжной силы вращающихся около оси колесъ и связанныхъ съ ними массъ кривошипа, пальца кривошипа и большой головки шатуна съ нѣкоторою его частью и частями спарниковъ; противовѣсы другого рода служатъ для уравновѣшенія инерціи поступательно движущихся массъ. Эти послѣдніе противовѣсы нарушаютъ полное вертикальное равновѣсіе колесъ, достигаемое при помощи первыхъ противовѣсовъ; поэтому обыкновенно уравновѣшиваютъ не болѣе 0,60 вѣса поступательно движущихся массъ, но все-таки избытокъ противовѣсовъ еще бываетъ достаточно великъ и производитъ нежелательные перегрузъ и разгрузеніе давленія колесъ на рельсы въ довольно значительной степени. Перегрузъ давленія колесъ на рельсы заставляетъ ограничивать статическую нагрузку на оси паровоза. Какъ было сказано, примѣненіе четырехъ цилиндровъ и колѣнчатой оси сводитъ до минимума извилистыя движенія паровоза, такъ какъ подергивающія силы равны только разности этихъ силъ у большихъ и малыхъ цилиндровъ, а въ паровозахъ типа *Adriatique*, очевидно, равны нулю, моменты же, производящіе виляніе равны разности моментовъ силъ у большихъ и малыхъ цилиндровъ. Въ послѣднемъ отношеніи выгоднѣе располагать малые цилиндры снаружи, большіе внутри рамъ. Въ настоящее время въ четырехцилиндровыхъ паро-

возахъ противовѣсами стали уничтожать только центробѣжную силу вращающихся массъ, не дѣлая добавочныхъ противовѣсовъ для поступательно-движущихся массъ. Кромѣ того есть тенденція и для двухцилиндровыхъ паровозовъ съ простой машиной и съ перегрѣвомъ пара отказаться отъ горизонтальнаго уравниванія и ослабить извилистость движенія болѣе жесткой сдѣвкой тендера съ паровозомъ для получения большей массы, сопротивляющейся подергиванію, и большей жесткой базой паровоза для сопротивленія вилявію. Опыты, производившіеся въ этомъ направленіи



Черт. 13.

на прусскихъ казенныхъ дорогахъ, увѣнчались полнымъ успѣхомъ. Такимъ образомъ, благодаря уравниваемости колесъ современныхъ паровозовъ, представляется возможность дать безопасно ббльшія нагрузки на ихъ оси, что въ свою очередь позволяетъ усилить котель и машину паровоза.

Благодаря уравниваемости и примѣненію поддерживающихъ и направляющихъ двухосныхъ (bogie) и одноосныхъ (bissel) тележекъ, современные паровозы по сравнению со старыми имѣютъ много болѣе спокойный и плавный ходъ даже при очень большихъ скоростяхъ (при большихъ $90 \frac{km}{hr}$ необходима двухосная тележка) и легкое вписываніе въ кривыя; несмотря на увеличенную нагрузку на сдѣвочныя оси, современные

паровозы вызываютъ въ рельсахъ и полотнѣ значительно меньшія напряжения. Кромѣ того и боковыя давленія колесъ паровоза на рельсы значительно менѣе, чѣмъ при прежнихъ паровозахъ, что является слѣдствіемъ высокаго поднятія надъ рельсами центра тяжести новѣйшихъ паровозовъ или, что то же самое, высокаго положенія оси ихъ котла. Между тѣмъ, какъ въ паровозахъ старыхъ типовъ ось котла не возвышалась надъ головкой рельса болѣе 2.500 мм., въ новѣйшихъ паровозахъ пассажирскихъ и товарныхъ это разстояніе бываетъ отъ 2.600 до 2.900 и даже 3.000 мм. Какое вліяніе имѣетъ высокое положеніе центра тяжести паровоза на уменьшеніе бокового давленія на рельсы видно изъ слѣдующаго. На прямомъ пути, хорошо содержимомъ,

на рельсы дѣйствуетъ только одинъ вѣсъ паровоза, распредѣляющійся поровну на оба рельса. Если путь содержится менѣе хорошо, подбивка подъ оба рельса менѣе правильная, то происходитъ качаніе паровоза, ослабляемое, впрочемъ, нѣсколько рессорами. Въ частяхъ пути на кривыхъ, если поднятіе наружнаго рельса не соотвѣтствуетъ скорости, это качаніе будетъ замѣтнѣе, вслѣдствіе неравенства распредѣленія вѣса паровоза на оба рельса. Сила, дѣйствующая на рельсъ при качаніи, направлена по прямой, соединяющей точку касанія колеса и рельса съ центромъ тяжести паровоза (черт. 13). Эту силу RF можно разложить на двѣ силы: вертикальную RP , происходящую отъ вѣса паровоза, и горизонтальную RQ , происходящую отъ тренія бандажа по рельсу или отъ давленія реборды бандажа на головку рельса. Когда центръ тяжести паровоза лежитъ низко, горизонтальная сила имѣетъ бѣльшую величину, вертикальная—меньшую; при высокомъ положеніи его, наоборотъ, уменьшается горизонтальная сила и увеличивается вертикальная.

4. Примѣненіе наиболѣе совершеннаго парораспредѣлительнаго механизма (системы Гейзингера фонъ-Вальдеггъ) и уравновѣшенныхъ золотниковъ.

Кромѣ основныхъ особенностей: большой мощности и экономичности, современные паровозы характеризуются и многими конструктивными деталями, являющимися однако слѣдствіемъ требовацій мощности и экономичности. Одной изъ такихъ общихъ для всѣхъ новѣйшихъ паровозовъ конструкцій является парораспредѣлительный механизмъ системы Гейзингера фонъ-Вальдеггъ (извѣстный еще подъ именемъ системы Walschaert). Почти исключительное его примѣненіе въ современныхъ паровозахъ объясняется, конечно, преимуществами этого механизма въ смыслѣ болѣе совершеннаго парораспредѣленія и въ конструктивномъ отношеніи. Эти преимущества заключаются въ слѣдующемъ. Механизмъ Гейзингера даетъ постоянныя линейныя предваренія впуска при всѣхъ степеняхъ наполненія; между тѣмъ переменность линейныхъ предвареній въ кулиссахъ Стефенсона и Аллана обуславливаетъ то, что при однихъ наполненіяхъ съ малымъ лннейнымъ предвареніемъ противодавленіе въ концѣ хода поршня сляшкомъ мало, при другихъ же наполненіяхъ съ большимъ предвареніемъ оно чрезмѣрно велико—отсюда неспокойный ходъ паровоза и лишній расходъ пара. Въ парораспредѣленіи Гейзингера всѣ фазы на передній и задній ходъ поршня почти равны между собой, чего не встрѣтимъ

(два для впуска и два для выпуска пара) поднимаются и опускаются на свои сѣдла при помощи рейки съ вырѣзами, движущейся горизонтально; на одномъ паровозѣ рейка получала движеніе отъ обыкновеннаго механизма Гейзингера; на другомъ паровозѣ былъ специальный механизмъ, но мало удовлетворительный, благодаря введенію зубчатки и большому вліянію игры рессоръ. Самые клапаны уравновѣшенные, но имѣютъ два сѣдла и поэтому не обезпечиваютъ отъ пропуска пара, такъ какъ, не говоря о трудности притирки двухъ сѣделъ, при неравномѣрномъ расширеніи золотниковой коробки и клапана, нагрѣваемыхъ паромъ, въ одномъ изъ сѣделъ всегда будетъ неплотность.

ГЛАВА II.

1. Выборъ типа паровоза.

Приступая къ проектированію паровоза, выборъ его типа слѣдуетъ дѣлать по соображенію съ характеромъ предстоящей ему службы, т. е. родомъ поѣзда (курьерскій, пассажирскій, товарный), вѣсомъ поѣзда, профилемъ пути и предполагаемыми скоростями хода. Въ настоящее время для различныхъ родовъ службы вполне опредѣлились пригодные для нихъ типы паровозовъ. Несмотря на большое различіе нормъ, установленныхъ дорогами для нагрузокъ на оси, для котлового давленія и т. д., можно считать всегда заранее извѣстнымъ, какую вообще работоспособность можно требовать отъ опредѣленнаго типа паровоза. Поэтому рассмотримъ въ общихъ чертахъ характерныя особенности различныхъ типовъ паровозовъ и цѣлесообразныя для нихъ условія службы.

Пассажирскіе паровозы съ отдѣльными тендерами.

Типъ 2—2—1, или Atlantic, а также *типъ 2—2—2*. Этотъ типъ служитъ для курьерскихъ и скорыхъ поѣздовъ; вѣсъ вагоновъ отъ 200 до 350 тп; среднія скорости 90—100 $\frac{\text{km}}{\text{hr}}$. Съ этими паровозами достигаются наибольшія скорости до 120—140 $\frac{\text{km}}{\text{hr}}$. Они наиболѣе пригодны для легкаго профиля, хотя извѣстны примѣры примѣненія этихъ паровозовъ на ливіяхъ съ 10-ти-тысячными подъемами. Для ланій съ тяжелымъ профилемъ, особенно, если имѣются подъемы болѣе 0,010, этотъ типъ, вслѣдствіе малаго сѣпного вѣса, не пригоденъ. Поэтому эти паровозы особенно распространены тамъ, гдѣ допускается большая нагрузка на оси. Въ Европѣ ихъ сѣпной вѣсъ равенъ отъ 30 до 40 тп, въ Сѣверной Америкѣ—отъ 45 до 51 тп. Поэтому американскіе Атлантики могутъ служить на самыхъ трудныхъ подъемахъ. Этотъ типъ ха-

рактируется большимъ діаметромъ сцѣпныхъ колесъ: отъ 1.900 до 2.200 мм., широкой топкой поверхъ колесъ задней поддерживающей оси; впрочемъ, имѣются примѣры паровозовъ и съ узкой топкой. Въ Европѣ они строятся всегда съ четырехцилиндровой машиной и колѣнчатую осью. Кромѣ главнаго преимущества этого типа—большой площади колосниковой рѣшетки, онъ отличается еще слѣдующими положительными качествами: большой длиной цилиндрической части котла, позволяющей котлу работать при высокомъ коэффициентѣ полезнаго дѣйствія, благоприятнымъ распределеніемъ вѣса, малой длиной сцѣпныхъ дышль и малой жесткой базой; при чрезмѣрной боковой игрѣ задней оси это послѣднее качество, наоборотъ, можетъ превратиться въ отрицательное.

Типъ 1—3—0 служитъ для пассажирскихъ и товаропассажирскихъ поѣздовъ; вѣсъ вагоновъ отъ 350 до 450 тп.; среднія скорости отъ 40 до 50 $\frac{\text{км}}{\text{чр}}$ на профиляхъ легкихъ и средней трудности. Этотъ типъ очень распространенъ въ Россіи и исполняетъ самую разнообразную службу; онъ примѣняется у насъ даже для курьерскихъ поѣздовъ, конечно, на болѣе легкомъ профилѣ и такъ какъ скорость нашихъ курьерскихъ поѣздовъ значительно менѣе, чѣмъ за границей, и не превосходитъ наибольшей величины 80 $\frac{\text{км}}{\text{чр}}$ (за немногими исключеніями). Паровозы этого типа имѣются въ Германія, Австріи и Италіи. Вообще же для настоящаго времени они становятся уже малосильными и по всей вѣроятности скоро уступятъ свое мѣсто болѣе сильнымъ типамъ. Діаметръ ихъ сцѣпныхъ колесъ бываетъ отъ 1.600 до 1.900 мм.; поверхность нагрѣва не болѣе 178 м.², площадь колосниковой рѣшетки—не болѣе 2,5 м.². Эти паровозы всегда строятся съ двухцилиндровой машиной, такъ какъ четырехцилиндровая давала бы чрезмѣрный перегрузъ передней части паровоза.

Типъ 2—3—0, наиболѣе распространенный во всѣхъ странахъ для тяги тяжелыхъ пассажирскихъ и скорыхъ поѣздовъ на трудномъ профилѣ; вѣсъ вагоновъ отъ 300 до 500 тп.; средніи скорости отъ 40 до 100 $\frac{\text{км}}{\text{чр}}$, смотря по составу и профилю пути. Діаметръ спаренныхъ колесъ—отъ 1.700 до 2.000 мм., топка узкая, опускающаяся между рамъ, что ограничиваетъ ея площадь и вмѣстѣ съ тѣмъ мощность паровоза. Наличие впереди паровоза направляющей двухосной тележки позволяетъ допускать для этихъ паровозовъ скорости выше 90 $\frac{\text{км}}{\text{чр}}$. Эти паровозы въ Западной Европѣ преимущественно четырехцилиндровые съ колѣнчатую осью.

Типъ 1—3—1, или *Prairie*, въ послѣднее время очень сильно распространяется для тяги скорыхъ и курьерскихъ поѣздовъ на

любомъ профилѣ, благодаря примѣненію въ нихъ широкой топки, проходящей поверху колесъ задней поддерживающей оси, съ большою площадью колосниковой рѣшетки; кромѣ того, длина котла можетъ быть вполне достаточною; примѣненіе четырехцилиндровой машины въ этомъ типѣ не повлечетъ перегруза передней части паровоза, но, напротивъ, распредѣленіе вѣса въ этихъ паровозахъ очень благопріятное. Вѣсъ поѣздовъ отъ 200 до 350 тп.; скорости, въ виду направленія паровоза одной поддерживающей передней осью, ограничены высшимъ предѣломъ $90 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$, хотя еще при этой скорости ходъ паровоза вполне плавный и при проходѣ кривыхъ. Диаметръ сваренныхъ колесъ бываетъ отъ 1.800 до 2.000 мм.

Типъ 2—3—1, или Pacific, въ самое послѣднее время появился и въ Европѣ; въ Сѣверной Америкѣ онъ примѣняется давно и достигъ тамъ колоссальныхъ размѣровъ. Безусловно этому паровозу принадлежитъ будущее. Въ этомъ типѣ совмѣщаются всѣ условія достиженія наибольшей мощности и вмѣстѣ съ тѣмъ экономичности паровоза. Онъ предназначается для обслуживанія вурьерскихъ и скорыхъ поѣздовъ наибольшаго состава, при наивысшихъ скоростяхъ, на трудномъ профилѣ. Диаметръ сваренныхъ колесъ бываетъ отъ 1.800 до 2.045 мм. Котель большой длины работаетъ при большомъ коэффициентѣ полезнаго дѣйствія; топка широкая, проходящая поверху колесъ задней поддерживающей оси, съ большою площадью колосниковой рѣшетки. Для облегченія задней поддерживающей оси и уменьшенія длины дымогарныхъ трубъ задній и передній листы кожуха топки и задній листъ топки наклонены вперед; соответственно вынесена впередъ и рѣшетка топки. Машина у этихъ паровозовъ, конечно, четырехцилиндровая съ колѣнчатую ведущую осью. Жесткая база болѣе, чѣмъ въ типѣ Атлантикъ, что способствуетъ болѣе спокойному ходу паровоза; вмѣстѣ съ тѣмъ вписываніе въ кривыя при достаточной боковой игрѣ задней поддерживающей оси вполне хорошее и лучше, чѣмъ въ типѣ 2—3—0, въ которомъ сваренныя оси отставлены другъ отъ друга на большія разстоянія. Распредѣленіе вѣса паровоза вполне благопріятное. Скорость для этихъ паровозовъ, въ виду ихъ уравновѣшенности и наличія передней двухосной телѣжки, можно допустить наибольшую возможную.

Товарные и смѣшанной службы паровозы съ отдѣльными тендерами.

Типъ 0—4—0 уже устарѣлъ для настоящаго времени и почти исчезъ съ желѣзнодорожныхъ линій Западной Европы и Сѣверной

Америки; онъ работаетъ еще и сейчасъ повсемѣстно въ Россіи, какъ русскій нормальный паровозъ. Этотъ типъ служитъ для тяги товарныхъ поѣздовъ, вѣсомъ отъ 900 до 1.000 тп. на профиль средней трудности со среднею скоростью отъ 25 до 35 $\frac{\text{км}}{\text{чр}}$. Большихъ скоростей допускать нельзя, такъ какъ нѣтъ передней поддерживающей и направляющей оси. Диаметръ колесъ бываетъ отъ 1.200 до 1.350 мм. Котель не достаточно мощный; только въ послѣднее время мощность русскаго нормальнаго паровоза была нѣсколько повышена введеніемъ пароперегрѣвателя.

Типъ 1—4—0, или Consolidation, болѣе сильный, чѣмъ предыдущій, можетъ имѣть котель съ широкой топкой поверхъ колесъ и четырехцилиндровую машину, такъ какъ при наличіи бисселя можно избѣгать перегруза передней или задней части паровоза. Этотъ типъ примѣняется для тяги тяжелыхъ товарныхъ поѣздовъ на среднемъ профиль, а на горныхъ линіяхъ онъ обслуживаетъ и пассажирскіе поѣзда. Диаметръ спаренныхъ колесъ—отъ 1.300 до 1.600 мм.

Типъ 2—4—0 для очень тяжелыхъ товарныхъ поѣздовъ ускореннаго хода; обладаетъ тѣми же качествами, что и предыдущій.

Типы 0—5—0, 1—5—0 и 1—5—1, или Decapod, служатъ для тяги пассажирскихъ и товарныхъ поѣздовъ на горныхъ желѣзнодорожныхъ линіяхъ; они строятся большею частью съ четырехцилиндровой машиной.

Паровозы системы Маллета: типы (0—3—0) (0—3—0), (1—3—0) (0—3—1) и (0—4—0) (0—4—0) назначаются для товарныхъ поѣздовъ на горныхъ участкахъ; они всегда имѣютъ четыре наружныхъ цилиндра, по два на каждой телѣжкѣ. Эти паровозы примѣняются въ случаѣ нужды въ большомъ числѣ спаренныхъ осей и на линіяхъ съ кривыми малыхъ радиусовъ, а также въ тѣхъ случаяхъ, когда нагрузка на сѣпные оси допускается незначительная, но сѣпной вѣсъ пужень большой, напримѣръ, на горныхъ участкахъ Сибирской дороги. Въ Сѣверной Америкѣ этотъ типъ достигъ колоссальнаго вѣса 186 тп. и силы тяги до 35.000 klg.

Танковые паровозы.

Типы: 1—3—1, 2—3—1, 1—3—3, 2—3—2 примѣняются для пригородныхъ дорогъ. Вѣсъ пассажирскихъ поѣздовъ (вагоновъ) отъ 150 до 400 тп. Благодаря достаточному сѣпному вѣсу, они могутъ служить на различныхъ профиляхъ. Кромѣ того, большой сѣпной вѣсъ необходимъ для паровозовъ пригородныхъ дорогъ и

по причинѣ частаго расположенія станцій и, слѣдовательно, частаго троганія съ мѣста; типы съ двумя сааренными осями уже упраздняются по причинѣ ихъ малаго сѣпного вѣса, не позволяющаго быстро достигать требуемыхъ скоростей, что при частыхъ остановкахъ очень сильно понижаетъ среднюю скорость хода поѣзда. Диаметръ спаренныхъ колесъ бываетъ отъ 1.500 до 1.730 мм. Максимальныя скорости, достигаемыя паровозами этихъ типовъ, доходятъ до $70 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$. При этомъ надо имѣть въ виду, что съ колесами меньшаго диаметра паровозы легче и скорѣе достигаютъ высокихъ скоростей, но максимумъ возможной скорости разовьютъ паровозы съ большимъ диаметромъ спаренныхъ колесъ; поэтому, если ставціи расположены не на очень близкомъ между собой разстояніи, можетъ оказаться невыгоднымъ меньшій диаметръ колесъ. Что касается машины этихъ паровозовъ, то она можетъ быть или простая сдвоенная, или четырехцилиндровая однократнаго или двухкратнаго расширенія. Для первыхъ двухъ случаевъ вполнѣ пригоденъ перегрѣвъ пара, который въ паровозахъ пригородныхъ дорогъ, работающихъ, хотя съ частыми, но не продолжительными остановками, утилизируется хорошо. Двухцилиндровая машина-компаундъ для нихъ была бы менѣе удобна, вслѣдствіе болѣе труднаго троганія съ мѣста при помощи приборовъ отправления.

Типъ 2—4—0. Паровозы этого типа назначаются для пригородныхъ пассажирскихъ поѣздовъ вѣсомъ отъ 400 до 550 тп. на профилѣ съ подъемами въ 10 и 15 тысячныхъ. Ихъ машина— четырехцилиндровая компаундъ; диаметръ спаренныхъ колесъ— 1.440 мм.

Типъ 0—5—0 служитъ для тяжелыхъ товарныхъ поѣздовъ на горныхъ участкахъ и вмѣстѣ съ тѣмъ можетъ обслуживать на болѣе легкомъ профилѣ ускоренные товарные поѣзда; вѣсъ вагоновъ отъ 950 до 1.540 тп.; среднія скорости отъ 30 до $40 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$, высшія доходятъ до $60 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$. Диаметръ спаренныхъ колесъ равенъ 1.350 мм. Въ этихъ паровозахъ примѣненъ перегрѣвъ пара при простой сдвоенной машинѣ. Перегрѣвъ пара особенно желателенъ для танковыхъ паровозовъ, объемъ баковъ которыхъ по необходимости ограниченъ и бываетъ отъ 6 до 13 м³. Паровозы этого типа показали себя въ службѣ въ Германіи съ наилучшей стороны и начинаютъ появляться теперь во Франціи.

Типъ (0—3—1) (1—3—0) былъ построенъ во Франціи для тяги товарныхъ поѣздовъ въ 950 тп на подъемахъ въ 10 тысячныхъ; кромѣ того, эти паровозы на легкомъ профилѣ должны быть въ состояніи развивать скорость въ $60 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$. Диаметръ ихъ спарен-

ныхъ колесъ равенъ 1.435 мм. Машина-компаундъ четырехцилиндровая; каждая пара цилиндровъ помѣщена между поддерживающими и спаренными колесами каждой телѣжки. Такое расположеніе очень благоприятно въ смыслѣ уменьшенія длины паропроводныхъ трубъ и уменьшенія возможности ихъ охлажденія. База каждой телѣжки равна 5.795 мм. Паровозъ можетъ вписываться въ кривыя радіуса въ 90 метровъ.

Примѣненіе танковыхъ товарныхъ паровозовъ для горныхъ участковъ въ настоящее время сильно распространяется, въ виду того, что вѣсь тендера представляетъ на такихъ участкахъ особенно обременительный грузъ.

2. Выборъ системы машины и величины давленія пара въ котлѣ.

Выбравъ для проектируемаго паровоза опредѣленный типъ, должны еще рѣшить, какую принять систему машины и величину котлового давленія; эти данности необходимы для возможности задаться вѣсомъ паровоза наиболѣе близко къ дѣйствительности. Вѣсь же паровоза, а также и тендера, необходимъ заранее для вычисленія предполагаемаго сопротивленія поѣзда.

Система машины и котловое давленіе пара, какъ мы уже видѣли, тѣсно между собой связаны, и поэтому ихъ слѣдуетъ разсматривать одновременно. Если паровозъ по предполагаемой работѣ и по выбранному типу будетъ двухцилиндровый, то выборъ системы машины и давленія пара не представляетъ затрудненія: машина будетъ или простого расширенія съ перегрѣвомъ пара или компаундъ съ насыщеннымъ паромъ. Въ первомъ случаѣ котловое давленіе установилось въ 12 атмосферъ почти на всѣхъ дорогахъ, имѣющихъ такіе паровозы. Большее давленіе и не требуется, такъ какъ при перегрѣтомъ парѣ повысить силу машины можно большимъ діаметромъ цилиндровъ; высокое же давленіе повлечетъ за собой напрасное утяжелѣніе котла и большій расходъ на его ремонтъ. Во второмъ случаѣ давленіе пара примѣняется различное отъ 12 до 16 атмосферъ. Для паровозовъ съ машиной компаундъ высокое котловое давленіе особенно желательно, какъ средство повысить силу машины при ея ограниченныхъ габаритахъ размѣрахъ и въ виду того, что при недостаточномъ отношеніи объемовъ цилиндровъ и малой разницѣ наполненій обоихъ цилиндровъ, какъ было сказано въ главѣ 1, высокое давленіе пара уменьшаетъ нѣсколько значеніе этихъ недостатковъ. Паровозы съ простой двоевной машиной и съ насыщеннымъ паромъ почти

нигдѣ уже не строятся, въ виду ихъ крайней неэкономичности. Двухцилиндровыхъ компаундъ паровозовъ съ перегрѣтымъ паромъ нигдѣ нѣтъ, по всей вѣроятности, по той причинѣ, что тогда пропало бы все значеніе ихъ, какъ самыхъ дешевыхъ паровозовъ съ болѣе или менѣе экономичной машиной. Между тѣмъ для нихъ перегрѣвъ пара былъ бы особенно полезенъ, въ виду указанныхъ уже недостатковъ ихъ машины.

Четырехцилиндровые паровозы всѣхъ типовъ: съ простой машиной и компаундъ, съ насыщеннымъ и перегрѣтымъ паромъ, въ настоящее время строятся уже съ давленіемъ пара въ котлѣ исключительно отъ 14 до 16 атмосферъ.

3. Предварительное заданіе вѣсомъ паровоза и тендера.

Для возможности подсчета сопротивленія поѣзда, включая и сопротивленіе паровоза и тендера, и, слѣдовательно, для опредѣленія необходимой для проектируемаго паровоза силы тяги и работоспособности, необходимо предварительно задаться вѣсами въ рабочемъ состояніи паровоза и тендера. Выбравъ типъ паровоза, подходящий для заданной службы, по соображенію съ величиной допускаемой нагрузки на спаренныя оси, опредѣлимъ сдѣлной вѣсъ паровоза и вѣсъ, приходящійся на всѣ поддерживающія оси. При этомъ нагрузка на поддерживающую ось обыкновенно составляетъ отъ 50 до 90⁰/₀ нагрузки на спаренную ось. При распредѣленіи вѣса на всѣ поддерживающія оси заднюю такую ось можно нагружать нѣсколько болѣе, чѣмъ переднюю поддерживающую, такъ какъ переднія поддерживающія оси служатъ для направленія паровоза въ кривыхъ и первыя принимаютъ на себя всѣ удары въ горизонтальной и вертикальной плоскостяхъ, происходящія на закругленіяхъ и всякихъ неровностяхъ рельсоваго пути, производя на путь, въ свою очередь, такое же дѣйствіе. Что касается того, какой именно процентъ нагрузки на спаренную ось дать для нагрузки на поддерживающую, то это зависитъ отъ того, какой получится вѣсъ паровоза, и надо руководствоваться тѣмъ, что при меньшей нагрузкѣ на сваренную ось можно допустить высшій процентъ, при большей же—низшій. Напримѣръ, на американскихъ паровозахъ при нагрузкѣ на спаренную ось отъ 23 до 25 tn. на поддерживающую ось приходится грузъ менѣе 50⁰/₀ этой величины, т.-е. отъ 9 до 13 tn. Для русскихъ паровозовъ можно будетъ принять нагрузку на спаренную ось въ 16 tn. при условіи болѣе или менѣе совершенной уравновѣженности ихъ. По всей вѣроятности, разрѣшеніе Министерствомъ Путей Сообщенія большей

величины этой нагрузки только вопрос времени. Для нагрузки на поддерживающую ось можно принять от 9 до 13,5 тп. Для выбора вѣса паровоза (въ рабочемъ состояніи), кромѣ того, можно воспользоваться таблицей А или какими-либо другими источниками, заключающими свѣдѣнія о вѣсѣ современныхъ паровозовъ.

При выборѣ вѣса тендера (въ рабочемъ состояніи) въ общемъ случаѣ можно руководствоваться этой же таблицей А, въ которой имѣются увананія относительно тендеровъ различныхъ типовъ паровозовъ. При проектированіи паровоза для опредѣленной желѣзнодорожной линіи, когда извѣстны всѣ пункты водоснабженія и набора топлива, вѣсъ тендера точно опредѣлить можно будетъ только при дальнѣйшемъ ходѣ расчета, когда будетъ извѣстенъ расходъ паровозомъ воды и топлива. Для предварительнаго заданія вѣса тендера можно вѣсъ порожняго тендера взять по таблицѣ А, а нагрузку водой и топливомъ назначить изъ того, что обыкновенно тендера современныхъ паровозовъ несутъ воды отъ 15 до 20 и болѣе кубическихъ метровъ (тоннъ), а топлива отъ 5 до 7 и болѣе тоннъ. Вообще вѣсъ тендеровъ въ рабочемъ состояніи бываетъ отъ 36 до 52 тп. Для танковыхъ паровозовъ количество воды обыкновенно бываетъ отъ 7 до 13 кубическихъ метровъ и вѣсъ топлива отъ 2 до 5 тоннъ.

4. Элементы, опредѣляющіе силу и мощность паровоза.

Имѣя вѣсъ всего поѣзда: вагоновъ, паровоза и тендера, и заданныя условія работы этого поѣзда, т. е. скорости, съ которыми долженъ слѣдовать поѣздъ по опредѣленнымъ элементамъ профиля пути (площадка, подъемы, уклоны, завругленія), надо опредѣлить ту силу и мощность, которыми долженъ обладать проектируемый паровозъ, чтобы удовлетворить заданнымъ условіямъ.

Способность паровоза тануть поѣздъ опредѣляется тремя условіями, изображенными графически на чертежѣ 14.

І. Сила тяги паровоза на кругѣ катанія ведущихъ колесъ Z должна быть равна суммѣ силъ тренія между всѣми спаренными колесами и рельсами, или можетъ быть менѣе этой суммы, т. е.

$$Z \leq f \cdot P \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ P —сумма нагрузокъ на всѣ спаренныя оси, или сѣдной вѣсъ паровоза, f —коэффициентъ сцепленія между колесами и рельсами.

Вообще для расчета слѣдуетъ принимать $f = \frac{1}{6}$; иногда, для

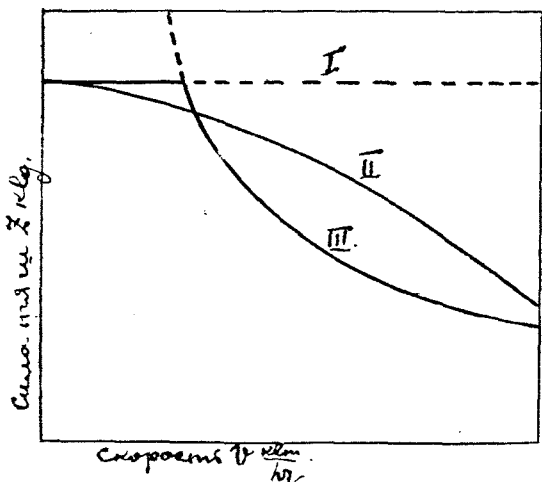
паровозовъ, предназначаемыхъ для работы на легкихъ профиляхъ, не имѣющихъ крутыхъ подъемовъ, можно взять $f = \frac{1}{5}$; для горныхъ дорогъ съ туннелями слѣдуетъ брать не болѣе $f = \frac{1}{7}$ и $\frac{1}{8}$, такъ какъ въ туннеляхъ рельсы всегда покрыты влажностью, что уменьшаетъ сдѣвленіе ихъ съ колесами.

II. Сила тяги на кругѣ катанія ведущихъ колесъ, опредѣленная по машинѣ, т. е. по размѣрамъ цилиндровъ, въ общемъ случаѣ выражается уравненіемъ:

$$Z = 0,85 \frac{d^2 \cdot l \cdot p_i}{D} \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ 0,85—мехавическій коэффициентъ передачи отъ поршня къ окружности колеса, $\frac{d^2 \cdot l \cdot p_i}{D}$ — индикаторная сила тяги, т. е.

$$Z_i = \frac{d^2 \cdot l \cdot p_i}{D} \dots \dots \dots (3)$$



I. Сила тяги по сдѣвленію колесъ. II. Сила тяги по машинѣ.
III. Сила тяги по котлу.

Черт. 14.

гдѣ d —діаметръ цилиндра, l —ходъ поршня, D —діаметръ ведущихъ колесъ и p_i — среднее индикаторное давленіе при опредѣленной степени наполненія цилиндра. При малой скорости можно считать $p_i = 0,8 p$, гдѣ p — котловое давленіе; величина p_i быстро падаетъ съ увеличеніемъ скорости.

III. Сила тяги и мощность зависятъ отъ паропроизводительной способности котла паровоза.

Если обозначить расходъ пара на одну индикаторную силу въ часъ чрезъ Δ килограммовъ, количество пара, доставляемое котломъ въ часъ — чрезъ B килограммовъ, то можно выразить величину индикаторной работы, производимой паровозомъ, въ паровыхъ локомотивахъ въ часъ слѣдующимъ уравненіемъ:

$$N_i = \frac{B}{\Delta} HP \dots \dots \dots (4)$$

Мощность на кругъ катанія ведущихъ колесъ равна:

$$N = 0,85 N_i = 0,85 \frac{B}{\Delta} HP \dots \dots \dots (5)$$

Сила тяги опредѣлится изъ уравненій:

сила тяги индикаторная:

$$Z_i = \frac{270 \cdot N_i}{V} \dots \dots \dots (6)$$

сила тяги на кругъ катанія ведущихъ колесъ:

$$Z = \frac{270 \cdot N}{V} \dots \dots \dots (7)$$

гдѣ V — скорость хода въ километрахъ въ часъ.

Чтобы паровозъ былъ въ состояніи преодолевать сопротивленіе поѣзда неограниченное время при неизмѣнности заданныхъ условий, должны удовлетворяться уравненія:

$$Z = W \dots \dots \dots (8)$$

$$N = \frac{W \cdot V}{270} \dots \dots \dots (9)$$

гдѣ W — сопротивленіе движению всего поѣзда, включая паровозъ и тендеръ. Поэтому наией задачей является вычисленіе для заданныхъ условий сопротивленія всего поѣзда.

5. Расчетъ сопротивленія поѣзда движению.

Для расчета величины сопротивленія поѣзда движению имѣется очень много формулъ. Болѣе простыя изъ нихъ недостаточно полно обнимаютъ всѣ условія, вліяющія на величину сопротивленія, напримѣръ: типъ и конструкцію паровозовъ и вагоновъ, но удобны для вычисленій; другія, болѣе сложныя, даютъ вполнѣ достовѣрныя величины для нѣкоторыхъ частныхъ условий, близко подходящихъ въ условіямъ опытовъ, изъ которыхъ овѣ получены; для

всѣхъ прочихъ же условій результаты получаются сомнительные; при этомъ такія формулы требуютъ большихъ вычисленій.

Наиболѣе рациональнымъ будетъ для всякаго частнаго случая подыскивать формулу сопротивленія, выведенную при условіяхъ, близкихъ въ данному частному случаю. Вообще же можно рекомендовать нѣкоторыя наиболѣе употребительныя и новѣйшія формулы. Въ нихъ величина сопротивленія дается обыкновенно въ килограммахъ на каждую тонну вѣса подвижнаго состава, такъ что полное сопротивленіе $W = w (P + q + Q)$, гдѣ P —вѣсъ паровоза, q —вѣсъ тендера въ рабочемъ состояніи и Q —вѣсъ вагоновъ.

1. Сопротивленіе движенію на прямомъ горизонтальномъ пути.

I. Формула Clark'a, или германская, дающая сопротивленіе на тонну вѣса полнаго поѣзда (т. е. вмѣстѣ паровоза, тендера и вагоновъ).

$$w, \frac{kg.}{tn.} = 2,4 + \frac{V^2}{1000} \text{ для скоростей меньшихъ } 70 \frac{klm.}{hr.} \dots (10)$$

$$w, \frac{kg.}{tn.} = 2,4 + \frac{V^2}{1300} \text{ для скоростей большихъ } 70 \frac{klm.}{hr.} \dots (11)$$

гдѣ V —скорость движенія поѣзда.

Эта формула очень употребительна, проста и для проектированія паровозовъ достаточно точна.

II. Формула Barbier, или французская, даетъ отдѣльныя выраженія для сопротивленія паровозовъ и вагоновъ (какъ и всѣ послѣдующія формулы).

Она выведена для скоростей отъ 60 до $120 \frac{klm}{hr.}$

1) Сопротивленіе четырехцилиндроваго паровоза компаундъ типа 2—2—0 на тонну вѣса паровоза и тендера:

$$w, \frac{kg.}{tn.} = 3,8 + 0,9 V \left(\frac{V + 30}{1000} \right) \dots (12)$$

2) Сопротивленіе двухосныхъ вагоновъ:

$$w, \frac{kg.}{tn.} = 1,6 + 0,46 V \left(\frac{V + 50}{1000} \right) \dots (13)$$

3) Сопротивленіе четырехосныхъ на тележкахъ вагоновъ:

$$w, \frac{kg.}{tn.} = 1,6 + 0,456 V \left(\frac{V + 10}{1000} \right) \dots (14)$$

III. Формула *Nadal'*я для скоростей не болѣе $100 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$.

1) Сопротивленіе двухцилиндроваго съ простой машиной паровоза типа 2—2—0 и 2—2—1.

$$w_1 \frac{\text{кг.}}{\text{тн.}} = 3,8 + 0,66V \left(\frac{V+40}{1000} \right). \quad (15)$$

2) Сопротивленіе четырехцилиндроваго паровоза компаундъ съ колѣнчатую осью типа 2—2—0 и 2—3—0.

$$w_1 \frac{\text{кг.}}{\text{тн.}} = 4,0 + V \left(\frac{V+30}{1000} \right). \quad (16)$$

3) Сопротивленіе двухосныхъ вагоновъ:

$$w_1 \frac{\text{кг.}}{\text{тн.}} = 1,6 + 0,30V \left(\frac{V+90}{1000} \right). \quad (17)$$

4) Сопротивленіе четырехосныхъ вагоновъ на телѣжкахъ:

$$w_1 \frac{\text{кг.}}{\text{тн.}} = 1,4 + 0,20V \left(\frac{V+80}{1000} \right). \quad (18)$$

Сопротивленіе трехосныхъ вагоновъ по величинѣ заключается между сопротивленіями по формуламъ 3) и 4).

IV. Формула *Sanzin'a*.

1) Сопротивленіе четырехцилиндроваго паровоза типа 2—2—1 для скоростей отъ 65 до $115 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$:

$$w_1 \frac{\text{кг.}}{\text{тн.}} = 3,2 + 0,55V \frac{V+47}{1000} \quad (19)$$

2) Сопротивленіе двухцилиндроваго паровоза компаундъ типа 1—4—0 для скоростей отъ 15 до $55 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$:

$$w_1 \frac{\text{кг.}}{\text{тн.}} = 6,5 + 0,65V \left(\frac{V+20,9}{1000} \right) \quad (20)$$

3) Сопротивленіе двухосныхъ вагоновъ съ свободноустанавливающимися осями для скоростей отъ 30 до $80 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$:

$$w_1 \frac{\text{кг.}}{\text{тн.}} = 1,6 + 0,46V \left(\frac{V+40}{1000} \right). \quad (21)$$

2. Сопротивленіе движенію на подъемѣ.

Это сопротивленіе на одну тонну вѣса подвижнаго состава равно:

$$w_2 \frac{\text{кг.}}{\text{тн.}} = \pm i$$

гдѣ i —величина подъема въ тысячныхъ доляхъ; знавъ (—) берется при уклонѣ.

3. Сопротивленіе движеніе на кривой.

Это сопротивленіе на одну тонну вѣса подвижного состава равно:

$$w_3 \frac{kg.}{tn.} = \frac{650}{R - 55}$$

гдѣ R —радіусъ въ метрахъ закругленія пути.

Окончательное выраженіе сопротивленія поѣзда на подъемѣ и кривой:

$$W = (w_1 + w_2 + w_3) (P + q) + (w_1 + w_2 + w_3) Q.$$

Т а б л и ц а А.

Главные размеры новѣйшихъ паровозовъ большой
мощности.

№№ по порядку.	Годъ и типъ паровоза.	Государ-ство.	Железно-дорожная линия.	Мѣсто и заводъ постройки.	Годъ построенъ или начала службы.	Диаметръ шпиренныхъ колесъ D .	Разстояние оси колесъ отъ головки рельсовъ.	Б.		О Т Е Д Ъ.											
								Система пароперегрѣвателя.	Поверхность пароперегрѣвателя H_2 .	Давленіе пара въ котлѣ p .	Поверхность нагрева топки h_1 .	Дымогарная труба.				h_2	H	$\frac{H}{h_1}$			
												Число.	Наружный диаметръ.	Длина между рѣшетками.	Внутренняя поверхность нагрева дымогарныхъ трубъ H_3 .				Внутренняя поверхность нагрева топки в дымог. трубу H_4 .	Полная внутренняя поверхность нагрева $H_1 + H_2 + H_3 + H_4$.	Площадь колосниковой рѣшетки K .
мм.	мм.	кг. см ² .	м ² .	мм.	мм.	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .							
1	Англія.	Great Western.	—	—	1905	2045	2700	—	—	16	16,10	—	—	—	239,9	256,0	256,0	3,10	14,9	82,6	—
2	"	"	—	—	1903	2046	2697	—	—	15,8	14,3	—	—	—	184,7	199,0	199,0	2,51	12,9	79,3	—
3	"	Great Northern.	Железнодорож. мастерскія.	—	1905	2020	2640	—	—	14	—	—	—	—	—	232,0	232,0	2,95	—	78,7	—
4	Австро-Венгрія.	Австрийск. казенныя.	Богемо-Моравскій.	—	1906	2140	2830	—	—	15	16,46	314	51	5000	201,28	217,23	217,23	3,53	12,2	61,5	—
5	"	Венгерск. казенныя.	Железнодорож. мастерскія.	—	1906	2100	2850	—	—	16	12,65	291	52	5250	249,63	262,28	262,28	3,9	19,7	67,3	—
6	Германія.	Прусскія казенныя.	Липденъ, Ганноверскій.	—	1904	1980	2500	Пилкокъ.	26,36	13	9,81	241	51	4450	126,69	136,50	162,86	2,7	12,9	60,33	0,16
7	"	"	"	—	1906	1980	2500	—	—	14	10,0	138 Serve	70	4450	224,1	234,1	234,1	2,7	22,4	86,7	—
8	"	Бадяскія казенныя.	—	—	1903	2100	2750	—	—	16	15,02	275	52	4800	194,98	210,10	210,10	3,87	12,9	54,3	—
9	"	Баварскія казенныя.	—	—	1904	2000	2865	—	—	16	14,5	283	52	4550	191,0	205,5	205,5	3,28	13,2	62,7	—
10	Данія.	Казенныя.	—	—	—	1984	2650	—	—	15	12,1	263	51	4800	192,4	204,5	204,5	3,23	15,9	63,3	—
11	Франція.	Paris-Orléans.	Бельфоръ, Эльзасское Общ.	—	1903	2000	2700	—	—	16	16,17	139 Serve	70	4400	223,23	239,40	239,40	3,10	13,8	77,2	—
12	Сѣв.-Амер. Соедин. Шт.	Pennsylvania.	"	—	1904	2045	2700	—	—	14	16,47	139 Serve	70	4470	230,31	246,78	246,78	3,10	14,0	79,56	—
13	"	Atchison, Topeka and Santa Fe.	Филадельфія, Балъдвинъ.	—	1904	2006	2918	—	—	14	20,46	273	57	5718	249,0	269,50	269,50	4,49	12,1	60,01	—
14	"	New-York Central.	Американск. Локомотивн. Комн.	—	1904	2006	2820	—	—	16	16,2	390	51	4880	273,8	290,0	290,0	4,67	17,0	68,6	—
15	Германія.	Баварскія казенныя.	—	—	—	2200	—	Шмидта въ жаров. труб.	37,6	14	16,4	208	—	4000	199,0	215,4	253,0	4,7	12,1	53,8	0,16

№ по порядку.	Число цилиндров.	Система машины.	М Диаметр цилиндровъ.		А		Ш		И		Н		А.					Тендеръ.			
			Высокого давленія d_1 .	Низкого давленія d_2 .	Ходъ поршней l .	Отношеніе объема цилиндровъ низкаго и высокога давленія m .	Парораспределительный механизмъ.	Наружная перекрыша золотниковъ.		Внутренняя перекрыша золотниковъ.		Линейныя предваренія впуска пара въ цилиндры.		Въсь паровоза.			$\frac{H}{P}$	Число осей.	Въсь въ рабочемъ состояніи.	Объемъ водяного бака.	Запасъ топлива.
								Малыхъ e .	Большихъ e_1 .	Малыхъ i .	Большихъ i_1 .	Высокого давленія f_0 .	Низкаго давленія f_0_1 .	Безъ воды и топлива P_1 .	Въ рабочемъ состояніи P_2 .	Свѣшной P_3 .					
1	4	Компаундъ Де-Гленъ.	360	600	640	2,77	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	74,8	39,6	3,42	—	—	15,9	5,0	
2	4	Простая.	362	—	660	—	Стефенсона.	—	—	—	—	—	—	71,2	39,6	2,80	—	—	15,9	5,0	
3	4	Компаундъ.	325	400	500 в. д. 650 н. д.	1,97	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	69,4	37,65	3,34	3	41,0	16,6	—	
4	4	Компаундъ Гельсдорфъ.	350	600	680	2,94	"	—	—	—	—	—	60,65	68,3	29,0	3,18	4	50,0	21,0	9,0	
5	4	Компаундъ Маффея.	360	620	660	2,96	"	—	—	—	—	—	67,06	74,36	31,7	3,53	4	47,43	18,0	8,0	
6	4	Компаундъ фонъ-Боррисъ.	360	560	600	2,42	"	—	—	—	—	—	—	53,34	26,14	3,05	—	—	—	—	
7	4	"	360	560	600	2,42	"	клапаны Ленца 45	26	клапаны Ленца — 4	3	4	3,5	57,6	62,0	30,4	3,80	4	47,7	20,0	6,0
8	4	Компаундъ Маффен.	335	570	620	2,90	"	—	—	—	—	—	67,0	74,0	31,8	2,84	4	49,0	20,0	6,0	
9	4	"	340	570	610	2,81	"	—	—	—	—	—	61,6	68,0	32,0	3,02	4	50,0	22,0	6,0	
10	4	Компаундъ Вокленъ balanced.	340	570	600	2,81	"	24	20	спер.—4 сзади—3	спер.—10 сзади—6	3	7	59,8	67,1	32,0	3,05	4	46,2	21,0	6,0
11	4	Компаундъ Де-Гленъ.	360	600	640	2,77	"	—	—	—	—	—	—	66,5	72,9	35,6	3,28	—	—	—	—
12	4	"	360	600	640	2,77	"	—	—	—	—	—	—	65,6	35,10	3,76	—	—	—	—	
13	4	Компаундъ Вокленъ balanced.	382	636	660	2,76	Стефенсона.	25,4	22,2	— 6,4	— 9,5	0	3,2	—	91,4	45,0	2,95	4	75	32,0	11,0
14	4	Компаундъ Коль.	394	660	660	2,81	"	25,4	25,4	— 6	— 9	при наол. 6	42 ⁰ / ₀ 6	—	91,0	49,6	3,19	4	56,8	22,7	9,1
15	4	Компаундъ.	410	610	640	2,21	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	75,9	84,0	32,0	3,01	4	52,0	26,0	7,0

М.М. по порядку.	Годъ и типъ парозова.	Государство.	Железно-дорожная линия.	Мѣсто ц. заводъ постройки.	Годъ постройки или начала службы.	Диаметръ сваренныхъ колебъ D .	Расстояние оси котла отъ головки рельса.	Б.		О.		Т.		Е.		Л.		Ъ.				
								Система пароперегрѣвателя.	Поверхность пароперегрѣвателя H_1 .	Давленіе пара въ котлѣ p .	Поверхность нагрева тоннн h_1 .	Дымогармыя трубы.		Внутренняя поверхность нагрева дымогарныхъ трубъ h_2 .	Внутренняя поверхность нагрева тоннн и дымог. трубъ H_1 .	Полная внутренняя поверхность нагрева $H_1 + H_2 = H$.	Площадь колосниковой рѣшетки R .	h_2	H	H_2		
												Число.	Наружный діаметръ.								Длина между рѣшетками.	мм.
16	1-3-0.	Германія.	Прусскія казенныя.	—	1906	1600	2550	Шмидта въ жаров. труб.	42,51	12	11,7	—	—	—	123,21	134,91	177,42	2,25	10,5	78,8	0,24	
17		Италія.	Казенныя.	—	1905	1850	2730	—	—	16	10,0	104	Serve	70	4000	165,0	175,0	175,0	2,42	16,5	72,0	—
18		"	"	—	1905	1850	2730	—	—	16	10,0	203	—	50	4000	114,8	124,8	124,8	2,42	11,5	52,0	—
19		"	"	Берлинъ, Шварцкопф.	1907	1850	2730	Шмидта въ жаров. труб.	33,5	12	9,9	116+21	—	50 и 133	4000	98,4	108,3	141,8	2,42	9,9	58,6	0,24
20		Россія.	"	Коломенскій	1903	1900 и 1700	2650 и 2550	—	—	12	12,64	226	—	50	4200	134,2	146,84	146,84	2,23	10,6	66,7	—
21		"	Московско-Виндавско-Рыбинская.	Путиловскій	1906	1700	2550	Шмидта въ жаров. труб.	31,85	12	12,53	131+21	—	46 и 127	4100	100,88	113,41	145,26	2,23	8,5	66,0	0,22
22		Австро-Венгрія.	Австрійскія казенныя.	—	1905	1820	2870	—	—	15	13,7	282	—	53	5200	221,13	234,83	234,83	4,0	16,1	58,7	—
23		Италія.	Казенныя.	—	1907	1850	2800	—	—	16	12,5	273	—	52	5150	207,8	220,3	220,3	3,5	16,6	63	—
24		Сѣв.-Амер. Соед. Штаты.	Lake Shore Michigan Southern.	—	—	2006	—	—	—	14	—	—	—	—	—	—	363,0	363,0	5,11	—	71,0	—
25		Авглія.	Great Western.	Мастерскія въ Свиндонѣ	—	2045	—	—	—	14	—	—	—	—	—	—	199,08	199,08	2,5	—	79,6	—
26	Бельгія.	Казенныя.	Франко-Бельгійскій.	—	1700	2750	Шмидта въ жаров. труб.	33,1	14	14,91	168+21	—	45 и 127	4130	130,05	144,96	178,06	2,84	8,7	51,0	0,18	
27	"	"	С.-Леонардъ	около 1905	1800	2700	—	—	15,5	15,82	232	—	50	4415	160,91	187,73	187,73	3,10	10,2	57,0	—	
28	"	"	Бельгійскій металлургич.	около 1905	1800	2700	—	—	16,5	16,17	139	Serve	70	4400	223,23	239,4	239,4	3,10	13,8	77,2	—	
29	"	"	Коккерилъ	около 1905	1800	2800	Коккерилъ.	45,0	15,5	18,0	219+30	—	50 и 127	4000	172,00	190,00	235,0	3,01	9,5	63,1	0,19	
30	II	"	"	—	около 1905	1980	2805	Шмидта въ жаров. труб.	36,18	15,5	16,87	180+25	—	50 и 127	4000	138,52	155,39	191,57	3,10	8,2	50,1	0,19

№ по порядку.	Число цилиндровъ.	М А Ш И Н					А.				Всѣ паровоза.			Тендеръ.									
		Система машины.	Диаметръ цилиндровъ.		Ходъ поршней <i>l</i> .	Отношеніе обѣмовъ цилиндровъ низкаго и высокаго давленія <i>m</i> .	Парораспредѣлительный механизмъ.	Наружная перекрыша золотниковъ.		Внутренняя перекрыша золотниковъ.		Линейныя предваренія впуска пара въ цилиндры.		Всѣ воды и топлива <i>P''</i> .	Въ рабочемъ состояніи <i>P</i> .	Сплывной <i>P'</i> .	$\frac{H}{P}$	Число осей.	Вѣсъ въ рабочемъ состояніи.	Объемъ водного бака.	Запасъ топлива.		
			Высокаго давленія <i>d₁</i> .	Низкаго давленія <i>d₂</i> .				Малыхъ <i>e</i> .	Большихъ <i>e₁</i> .	Малыхъ <i>i</i> .	Большихъ <i>i₁</i> .	Высокаго давленія <i>f₀</i> .	Низкаго давленія <i>f₀</i> .										
			мм.	мм.				мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.										
16	2	Простая.	540	—	630	—	Гейзингера.	38	—	—	2	—	5	—	—	57,5	45,0	3,08	3	42,7	16,0	5,7	
17	2	Компаундъ.	430	680	700	2,50	"	—	—	—	—	—	—	—	50,35	55,0	44,0	3,18	3	35,3	15,0	6,0	
18	2	"	430	680	700	2,50	"	—	—	—	—	—	—	—	50,35	55,0	44,0	2,27	3	35,3	15,0	6,0	
19	2	Простая.	540	—	700	—	"	28	—	—	3	—	4	—	49,90	54,5	44,0	2,60	3	35,3	15,0	6,0	
20	2	Компаундъ.	500	730	650	2,14	"	32	32	—	8	—	2	3	5	50,87	56,37	43,3	2,65	3	36,0	14,0	7,0
21	2	Простая.	540	—	650	—	"	30	—	—	2	—	—	5	—	50,83	56,07	43,11	2,59	3	37,4	15,0	7,0
22	4	Компаундъ Гельсдорфъ.	370	630	720	2,93	"	31,5	31,5	—	10,5	—	0	—	—	61,8	68,9	42,9	3,40	4	50,0	22,0	9,0
23	4	Компаундъ Адриатикъ.	360	590	650	2,69	"	—	—	—	—	—	—	—	—	62,8	70,0	45,0	3,15	3	40,5	20,0	6,0
24	2	Простая.	546	—	710	—	"	32	—	—	0	—	—	1,5	—	—	105,7	75,3	3,43	—	—	—	—
25	4	"	362	—	660	—	"	—	—	—	—	—	—	—	—	76,0	58,0	2,62	—	—	—	—	
26	2	"	520	—	660	—	Стефенсона.	—	—	—	—	—	—	—	—	64,25	70,22	52,62	2,53	3	—	20	6
27	4	Компаундъ Де-Гленъ.	360	600	640	2,77	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	—	—	69,62	74,10	—	2,53	3	—	20	6
28	4	"	360	600	640	2,77	"	—	—	—	—	—	—	—	—	71,3	77,5	—	3,09	3	—	20	6
29	4	Компаундъ.	360	620	680	2,90	"	—	—	—	—	—	—	—	—	75,5	82,3	51,5	2,85	3	—	20	6
30	4	Простая.	435	—	610	—	"	—	—	—	—	—	—	—	—	76,0	82,00	52,5	2,34	3	—	20	6

№ по порядку.	Родъ и типъ паровоза.	Государство.	Железнодорожная линия.	Место постройки.	Годъ постройки или начала службы.	Диаметръ ширенныхъ колесъ D .	Разстояніе оси котла отъ головки рельса.	К		О		Т		Е		Л		Б.				
								Система пароперегрѣвателя.	Поверхность пароперегрѣвателя H_1 .	Давленіе пара въ котлѣ P .	Поверхность нагрева толки H_2 .	Дымогарныя трубы.		Наружный диаметръ.	Длина между рѣшетками.	Внутренняя поверхность нагрева дымогарныхъ трубъ H_3 .	Внутренняя поверхность нагрева толки и дымог. трубъ H_4 .	Полная внутренняя поверхность нагрева $H_1 + H_2 + H_3 + H_4$.	Площадь колосниковой рѣшетки R .	h_1	H	H_2
												Число.	Наружный диаметръ.									
31	Германія.	Прусскія казенныя.	Берлинъ, Шварцкопфъ.	1906	1750	2750	Шмидта въ жаров. труб.	49,38	12	14,72	139+24	50 и 133	4700	135,90	150,62	200,0	2,6	9,2	76,9	0,25		
32	"	Саксонскія казенныя.	Хемницъ, Гартманъ.	—	1885	2700	"	41,0	15	12,90	144+24	50 и 124	4550	133,10	146,00	187,00	2,74	10,3	68,3	0,22		
33	"	Баварскія казенныя.	Мюнхевъ, Маффен.	1904	1870	2800	—	—	16	14,50	283	52	4550	191,0	205,5	205,5	3,28	13,2	62,7	—		
34	Италія.	Казенныя.	Миланъ, Бреда.	1905	1920	2650	—	—	15	11,70	125 Serve+4	70 и 50	4000	194,30	206,0	206,0	3,0	16,6	68,7	—		
35	"	"	Филадельфія, Бальвинъ.	1906	1850	—	—	—	14	13,3	250	51	4724	170,7	184,0	184,0	2,98	12,9	61,7	—		
36	Россія.	Владикавказская.	Брянскій.	1901	1730	2770	—	—	14	15,26	272	51	4375	172,03	187,29	187,29	2,80	11,3	66,9	—		
37	"	Рязанско-Уральская.	Пугиловскій.	1906	1730	—	—	—	14	14,32	244	51	4300	151,62	165,94	165,94	2,63	10,6	63,1	—		
38	"	Московско-Казанская.	Коломенскій.	1907	1700	3100	Шмидта въ жаров. труб.	39,0	12	12,65	147+21	51 и 133	4660	136,60	149,25	188,25	2,76	10,8	68,2	0,21		
39	Франція.	Paris-Lion-Mediterranée.	Крезю, Шнейдеръ.	1904	2000	2600	—	—	16	15,42	138 Serve	70	4000	205,75	221,17	221,17	3,00	13,34	73,72	—		
40	"	Paris-Orléans.	Бельфоръ, Эльзасское Обл.	1903	1850	2700	—	—	16	16,17	139	70	4400	223,23	239,40	239,40	3,10	13,8	77,2	—		
41	"	Est.	Железводор. мастерскія.	1906	2090	2690	—	—	16	16,22	140	70	4400	218,69	234,91	234,91	3,16	13,4	74,3	—		
42	"	Ouest.	—	1901	1940	2520	—	—	15	—	—	70	—	—	206,71	206,71	2,80	—	73,8	—		
43	"	"	Кассель, Геншель и сынъ.	1908	1940	2520	Шмидта въ жаров. труб.	37,5	15	—	—	70 и 127	—	—	153,5	191,00	2,80	—	68,2	0,20		
44	Швейнарія.	С.-Готардская.	Винтертуръ.	1905	1610	2355	—	—	15	12,80	227	50	4000	143,0	155,8	155,8	2,4	11,2	64,9	—		
45	"	Союзныя.	"	1902	1780	2660	—	—	15	15,5	229	50	4200	151,0	166,5	166,5	2,6	9,8	64,0	—		

№ по порядку.	Число цилиндров.	Система машин.	М Диаметр цилиндров.		Ходъ поршней l.	А Отношение объемов цилиндров низкого и высокого давленія m.	Ш Парораспредѣлительный механизмъ.	И Н Наружная перекрыша золотниковъ.	
			Высокого давленія d.	Низкого давленія d₁.				Малыхъ e.	Большихъ e₁.
31	2	Простая.	590	—	630	—	Гейзингера.	38	—
32	4	Компаундъ.	430	680	630	2,50	"	—	—
33	4	Компаундъ Маффен.	340	570	640	2,81	"	—	—
34	4	Компаундъ Адриатикъ.	360	590	650	2,69	"	34	25
35	4	Компаундъ Вокленъ balanced.	393	635	610 выс. д. 660 низк. д.	2,83	Стефенсона.	25,4	22,2
36	2	Компаундъ.	510	765	700	2,25	Гейзингера.	37	35
37	4	Компаундъ Де-Гленъ.	370	580	650	2,46	Гейзингера-Боррисъ.	—	—
38	2	Простая.	575	—	650	—	Гейзингера.	—	—
39	4	Компаундъ Де-Гленъ.	340	540	650	2,52	"	19	34
40	4	"	360	600	640	2,77	"	27	27
41	4	"	360	590	680	2,69	"	27	27
42	4	"	350	550	640	2,47	"	—	—
43	4	"	380	550	640	2,10	"	—	—
44	4	Компаундъ.	370	600	600	2,63	"	—	—
45	4	"	360	570	660	2,51	Гейзингера п. в. д. Джоя п. н. д.	—	—

Л. Внутренняя перекрыша золотниковъ.		Линейныя предваренія впуска пара въ цилиндры.		Вѣсъ паровоза.			Н Р	Тендеръ.			
Малыхъ i.	Большихъ i₁.	Высокого давленія f.	Низкого давленія f₁.	Безъ воды и топлива P'.	Въ рабочемъ состоянн P.	Свѣтлой P''.		Число осей.	Вѣсъ въ рабочемъ состоянн.	Объемъ водного бака.	Запасъ топлива.
мм.	мм.	мм.	мм.	tn.	tn.	tn.	м² tn.				
—2	—	5	—	—	69,5	47,7	2,88	4	49,85	21,5	5,0
—	—	—	—	67,0	74,0	48,0	2,53	—	—	—	—
—	—	—	—	62,2	68,6	45,6	3,00	4	50,0	22,0	6,0
—5	0	6,5	6,5	57,5	66,5	43,5	3,10	3	37,0	20,0	4,0
—6,4	—9,5	0	3,1	58,6	66,3	45,0	2,78	4	45,0	20,0	6,0
—8	—3	3	5	65,6	73,5	46,0	2,55	4	53,5	21,25	8,0 нефти.
—	—	—	—	64,0	72,0	49,9	2,30	—	—	—	—
—	—	—	—	64,5	74,0	—	2,55	—	—	—	—
—3	0	—	—	64,75	70,3	49,98	3,14	3	43,2	20,1	3,5
—3	—5	7,5	7,0	69,3	75,3	54,6	3,18	3	37,5	17,0	3,6
0	—3	5	5	70,26	76,79	53,24	3,06	3	48,45	22,2	6,0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	69,70	50,0	2,74	—	—	—	—
—	—	—	—	59,6	64,7	48,0	2,41	3	37,0	17,0	5,0
—	—	—	—	58,3	64,51	46,11	2,53	3	37,85	17,0	4,7

№ по порядку.	Родъ и типъ паровоза.	Государство.	Желѣзно-дорожная линия.	Мѣсто и заводъ постройки.	Годъ постройки или начала службы.	Диаметръ сваренныхъ колесъ D .	Разстояніе осей котла отъ головки рельса.	Б О Т Е Л Ъ														
								Система пароперегрѣвателя.	Поверхность пароперегрѣвателя H_1 .	Давленіе пара въ котлѣ p .	Поверхность нагрева тонки h_1 .	Дымогарныя трубы.				Поверхность колосв. коноп решетки R .	h_2	H	H_2			
												Число.	Наружный диаметръ.	Длина между рѣшетками.	Внутренняя поверхность нагрева дымовыхъ трубъ h_2 .					Внутренняя поверхность нагрева тонки и дымог. трубъ H_1 .	Полная внутренняя поверхность нагрева $H_1 + H_2 - H$.	h_1
мм.	мм.	м ² .	кг. см ² .	м ² .	мм.	мм.	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .	м ² .										
46	2-3-0	—	Союзныя.	Винтертуръ.	1907	1780	2660	—	—	15	18,04 Бротана.	230	50	4410	159,0	177,04	177,04	2,5	8,8	70,8	—	
47		Сѣв.-Амер. Соед. Штаты.	New York Central.	—	—	1750	2920	—	—	14		—	—	—	—	—	307,0	307,0	5,12	—	60,0	—
48	2-3-1	Англія.	Great Western.	Мастерскія въ Свиндонѣ.	1908	2045	—	Черчурда въ жаров. труб.	50,63	15,75	16,47	162	69 и 126	6882	247,36	263,83	314,46	3,9	15,0	80,6	0,16	
49		Германія.	Баденскія казенныя.	Монако, Маффен.	1907	1800	2820	Шмидта въ жаров. труб.	50,0	16	14,65	205+25	—	—	5100	194,07	208,72	258,72	4,5	13,2	57,5	0,19
50		Германія.	Баварскія казенныя.	—	—	1908	1870	—	—	50,0	15	14,62	205+25	—	—	203,8	218,42	268,42	4,5	13,9	59,7	0,18
51	2-3-1	Франція.	Ouest.	Мастерскія въ Соттвилѣ.	1908	1940	2900	—	—	16	13,95	283	55	6000	269,10	283,05	283,05	4,0	19,3	70,76	—	
52		Франція.	Paris-Orléans.	Бельфоръ, Эльзасское Общ.	1907	1850	2825	—	—	16	15,37	261	55	5900	241,88	257,25	257,25	4,27	15,7	60,2	—	
53		Франція.	—	—	къ 1910	1850	2825	Шмидта въ жаров. труб.	62,60	16	15,37	—	55 и 133	5900	195,70	211,07	273,67	4,27	12,7	64,1	0,23	
54	1-3-2	Австро-Венгрія.	Австрійскія казенныя.	—	1909	2100	2930	Клячъ-Гельсдорфа.	63,29	15	15,00	291	53	5730	186,82	201,82	265,11	4,62	12,4	57,4	0,24	
55		Германія.	Прусскія казенныя.	Штетинъ, Вулканъ.	1907	1350	2550	Шмидта въ жаров. труб.	41,20	12	12,63	156+21	46 и 133	4500	117,93	130,56	171,76	2,35	9,3	73,1	0,24	
56	0-4-0	Россія.	Казенныя.	(Паровозъ норм. типа); всѣ русск. заводы.	1901	1200	—	—	—	11,5	10,70	190	51	4660	127,87	138,57	138,57	1,85	12,0	74,9	—	
57	1-4-0	Англія.	Great Western.	—	—	1410	2489	—	—	14	14,3	—	—	—	184,7	199,0	199,0	2,53	12,9	78,6	—	
58		Австро-Венгрія.	Австрійскія казенныя.	—	—	1300	2615	—	—	13	—	295	—	5000	—	237,0	237,0	3,37	—	70,3	—	
59		Италія.	Казенныя.	—	—	—	1370	2750	—	—	16	12,24	286	50	4700	188,76	201,0	201,0	3,0	15,4	67,0	—

№№ по порядку.	Число цилиндровъ.	Система машины.	М		А		Парораспределительный механизмъ.	И		Н		А.		Въсь паровоза.					Тендеръ.			
			Диаметръ цилиндровъ.		Ходъ поршней <i>l</i> .	Отношенію объема цилиндровъ низкаго и высокаго давленія <i>m</i> .		Наружная перекрыша золотниковъ.		Внутренняя перекрыша золотниковъ.		Линейныя предваренія впуска пара въ цилиндры.		Въсь воды и топлива <i>P_в</i> .	Въ рабочемъ состояніи <i>P_р</i> .	Свѣтлой <i>P_с</i> .	<i>H</i> <i>P</i>	Въсь въ рабочемъ состояніи.	Объемъ водного бака.	Запасъ топлива.		
			Высокаго давленія <i>d₁</i> .	Низкаго давленія <i>d₂</i> .				Малыхъ <i>e</i> .	Большихъ <i>e₁</i> .	Малыхъ <i>i</i> .	Большихъ <i>i₁</i> .	Высокаго давленія <i>f₀</i> .	Низкаго давленія <i>f₁</i> .								мм.	мм.
46	4	Компаундъ.	360	570	660	2,51	Гейзингера ц. в. д. Джоя ц. н. д.	—	—	—	—	—	—	58,6	65,1	45,7	2,72	—	37,85	17,0	4,7	
47	2	Простая.	560	—	660	—	—	—	—	—	—	—	—	—	88,3	67,1	3,48	—	—	—	—	
48	4	"	382	—	660	—	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	—	97,5	61,0	3,23	—	45,87	15,9	—	
49	4	Компаундъ Маффей.	425	650	610 выс. д. 670 влзк. д.	2,55	"	спереди 33 сзади 28	31	— 4	0	саереды 4 сзади 9	6	79,8	88,3	49,6	2,93	4	51,0	20,0	7,0	
50	4	"	425	650	610 выс. д. 670 низк. д.	2,55	"	—	—	—	—	—	—	80,0	88,3	48,0	3,04	4	54,0	26,0	7,5	
51	4	Компаундъ Де-Гленъ.	400	660	640	2,72	"	22	22	— 8	— 8	6	6	82,0	90,7	53,55	3,12	4	57,0	24,0	9,0	
52	4	"	390	640	650	2,69	"	54	54	— 6	— 10	—	—	82,0	90,0	52,3	2,86	3	45,98	20,0	6,0	
53	4	"	420	640	650	2,32	"	54	54	— 6	— 10	—	—	—	91,45	53,05	2,99	3	45,98	20,0	6,0	
54	4	Компаундъ Гельсдорфъ.	390	660	720	2,86	"	—	—	—	—	—	—	77,1	83,8	43,8	3,16	—	—	—	—	
55	2	Простая.	600	—	660	—	"	—	—	—	—	—	—	50,5	56,0	56,0	3,07	3	33,31	12,0	5,0	
56	2	Компаундъ.	500	730	650	2,13	"	33	33	— 8	— 8	4	4	45,7	51,2	51,2	2,71	3	36	14,0	7,0	
57	4	Простая.	457	—	762	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69,2	62,2	2,88	—	—	13,6	5,0	
58	2	Компаундъ.	540	800	632	2,19	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	60,5	68,5	57,0	3,46	—	—	—	—	
59	4	Компаундъ Адриатикъ.	360	590	650	2,69	"	—	—	—	—	—	—	64,0	70,0	58,0	2,87	—	—	—	—	

№ по порядку.	Годъ и типъ паровоза.	Государство.	Железнодорожная линия.	Мѣсто в заводе постройки.	Годъ постройки или начала службы.	Диаметръ стареющихъ колесъ D . мм.	Расстояние оси колъ отъ головки рельса. мм.	К		О	Т Е Д					Б.				
								Система паронерегрѣвателя.	Поверхность паронерегрѣвателя H_2 . м ² .		Дымогарныя трубы.	Наружный диаметръ.	Длина между рѣшетками.	Внутренняя поверхность нагрева дымогарныхъ трубъ H_2 . м ² .	Внутренняя поверхность нагрева топки и дымог. трубъ H_1 . м ² .	Полная внутренняя поверхность нагрева $H_1 + H_2 = H$. м ² .	Площадь колосниковой рѣшетки R . м ² .	h_1	H	H_2
60	Италія.	Казенныя.	Кассель, Геншель и сынъ.	1907	1370	2800	—	—	16	12,4	255	52	5000	190,4	202,8	202,8	2,82	15,4	72	—
61	"	"	Филадельфія Бальдвинъ.	1906	1400	2590	—	—	14	13,0	280	51	4395	163,3	176,3	176,3	3,50	12,6	51	—
62	Россія.	Владикавказская.	Брянскій.	1901	1300	2560	—	—	13	15,26	272	51	4375	172,16	187,42	187,42	2,8	11,3	66,9	—
63	"	Казенныя.	Харьковскій	1905	1300	2560	—	—	14	15,26	272	51	4375	172,16	187,42	187,42	2,8	11,3	66,9	—
64	Франція.	Midi.	—	1901	1400	2600	—	—	15	15,77	148 Serve	70	4300	239,49	255,26	255,26	2,8	15,2	91,2	—
65	"	Paris-Orléans.	—	1904	1550	2700	—	—	16	16,17	139 Serve	70	4400	223,23	239,4	239,4	3,10	13,8	77,2	—
66	Швейцарія.	St.-Gotthard.	Мюнхенъ, Маффеи.	1906	1350	2870	Кленчъ.	41,0	15	13,15	367	52	4440	199,92	213,09	254,07	4,07	15,2	62,4	0,16
67	"	Союзныя.	Винтертуръ.	—	1330	2600	—	—	14	—	—	50	4200	—	174,2	174,2	2,44	—	71,4	—
68	Съв.-Амер. Соед. Штаты.	New York Central Hudson River.	Американск. паровозостр. компанія.	около 1904	1600	2900	—	—	14	16,97	458	51	4728	311,43	328,4	328,4	5,1	18,3	64,4	—
69	"	Pennsylvania.	—	около 1904	1420	2794	—	—	13	15,45	373	51	4178	215,14	230,59	230,59	4,57	13,9	50,5	—
70	"	Lake Shore and Michigan Southern.	Бруксъ.	около 1904	1600	2860	—	—	12,7	20,33	338	51	4544	215,74	236,07	236,07	3,13	10,6	75,4	—
71	"	Michigan Central.	Американск. паровозостр. компанія.	около 1904	1600	2895	—	—	13,3	15,38	363	51	4335	246,51	261,89	261,89	4,59	16,0	57,0	—
72	Италія.	Казенныя.	—	—	1400	2450	—	—	14	13,7	271	50	4300	161,0	174,7	174,7	4,4	11,0	40,0	—
73	Австро-Венгрія.	Австрійскія казенныя.	—	—	1300	2615	—	—	14	13,0	264	51	4500	190,0	203,0	203,0	3,0	14,6	67,7	—
74	Италія.	Казенныя.	—	1907	1350	2800	—	—	16	12,5	273	52	5150	209,8	222,3	222,3	3,5	16,8	63,0	—

№№ по порядку.	Число цилиндров.	Система машины.	М		Ходъ поршней <i>l</i> .	А	Ш	И	Н	А.		Вѣсь паровоза.			Т е в д е р ь.								
			Диаметръ цилиндровъ.							$\frac{H}{P}$	Внутренняя перекрыша золотниковъ.	Линейный предвареніи впуска пара въ цилиндры.	$\frac{H}{P}$	Вѣсь въ рабочемъ состояніи.	Объемъ водяного бака.	Запасъ топлива.							
			Высокого давленія <i>d</i> .	Низкаго давленія <i>d</i> ₁ .													Малыхъ <i>i</i> .	Большихъ <i>i</i> ₁ .	Высокаго давленія <i>f</i> ₀ .	Низкаго давленія <i>f</i> ₁ .	Безъ воды и топлива <i>P</i> ₀ .	Въ рабочемъ состояніи <i>P</i> ₁ .	Сѣтчатой <i>P</i> ₁ .
			мм.	мм.													мм.	мм.	тн.	тн.	тн.	тн.	тн.
60	2	Компаундъ.	490	750	700	2,34	Гейзингера.	25	25	— 4	— 2	—	—	59,2	65,9	56,3	3,08	3	31,9	12,0	6,0		
61	2	Простая.	508	—	660	—	Стефенсона.	25,4	—	0	—	1,59	—	56,6	63,0	56,4	2,80	4	45,6	20,0	6,0		
62	2	Компаундъ.	510	765	700	2,25	Гейзингера.	37	35	— 8	— 3	3	5	66,1	74,0	61,3	2,53	4	53,5	21,25	8,0		
63	2	"	510	765	700	2,25	"	33	33	— 8	0	4	4	—	79,0	66,0	2,38	—	—	—	—		
64	4	"	390	600	659	2,36	Гейзингера н. д. Стефенсона в. д.	—	—	—	—	—	—	65,5	72,8	—	3,50	—	—	—	—		
65	4	"	410	620	650	2,28	Гейзингера.	48	55	— 6	— 6	—	—	—	74,6	66,3	3,21	2	31,15	12,0	5,0		
66	4	"	395	635	640	2,58	"	—	—	—	—	—	—	70,7	76,4	62,2	2,97	3	38,0	17,0	5,0		
67	4	"	370	600	640	2,63	"	—	—	—	—	—	—	59,7	66,3	57,6	2,63	—	—	—	—		
68	2	Простая.	585	—	813	—	Стефенсона.	25	—	0	—	6 при напол. 25%	—	—	99,5	89,0	3,30	4	62,0	26,5	11,0		
69	2	"	558	—	617	—	"	—	—	—	—	—	—	—	77,68	69,28	2,97	—	—	—	—		
70	2	"	534	—	762	—	"	—	—	—	—	—	—	—	72,52	65,04	3,26	—	—	—	—		
71	2	Компаундъ.	586	892	814	—	"	—	—	—	—	—	—	—	75,6	65,8	3,46	—	—	—	—		
72	2	"	540	800	680	2,20	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	68,4	75,4	58,3	2,32	3	34,8	13,0	4,5		
73	2	"	560	850	632	2,31	"	—	—	—	—	—	—	59,0	65,7	65,7	3,09	3	—	14,2	5,3		
74	4	Компаундъ Адриатикъ.	375	610	650	2,65	"	—	—	—	—	—	—	64,5	74,8	74,8	2,97	2	26,0	13,0	на паровоз. 4,0.		

№ по порядку.	Родъ и типъ паровоза.	Государство.	Железнодорожная линия.	Мѣсто и заводъ постройки.	Годъ постройки или начала службы.	Диаметръ шпиренныхъ колесть D , мм.	Расстояние оси котла отъ головки рельса, мм.	Система пароперегрѣвателя.	Б	О	Т		Е		Л			Б.				
									Поверхность пароперегрѣвателя H_2 , м ² .	Давленіе пара въ котлѣ p , кг. см ² .	Поверхность нагрева топки h_1 , м ² .	Число.	Наружный диаметр, мм.	Длина между рѣшетками, мм.	Внутренняя поверхность нагрева дымогарныхъ трубъ h_2 , м ² .	Внутренняя поверхность нагрева топки и дымог. трубъ H_1 , м ² .	Полная внутренняя поверхность нагрева $H_1 + H_2 + H_3$, м ² .	Площадь колосниковой рѣшетки R , м ² .	h_2	H	H_2	
75	с	Австро-Венгрія.	Австрийскія казенныя.	Общество, прив. казен. жел. дор.	1905	1450	2890	Гельсдорфа.	63,0	16	15,5	291	53	5000	179,5	195,0	258,0	4,6	11,6	56,1	0,24	
76	м	Германія.	Эльзасъ-Лотарингск.	Графевштадль, Эльзасс.Общ.	около 1906	1330	2650	—	—	15	15,06	148	Serve	70	4300	235,46	250,52	250,52	2,77	15,6	90,5	—
77	и	Франція.	Paris-Orléans.	Бельфоръ, Эльзасс.Общ.	къ 1910	1400	2850	Шмидта въ жаров. труб.	52,10	16	15,10	184+24	50 и 133	5250	186,00	201,10	253,20	3,80	12,3	52,9	0,21	
78	р	Съв.-Амер. Соед.Штаты.	Atchison, Topeka and Santa Fe.	Филадельфія Балъдвинъ.	1903	1435	3091	—	—	14,3	20,10	393	57	6058	379,95	400,05	400,05	5,42	18,9	73,7	—	
79	а	Россія.	Сибирская.	Путловскій.	—	1200	—	—	—	12	—	—	—	—	—	190,4	190,4	3,5	—	54,4	—	
80	в	—	Московско-Казанская.	Путловскій и Коломенскій.	1906	1220	2715	Шмидта въ жаров. труб.	39,0	12	14,85	160+21	50 и 133	4660	160,35	175,20	214,20	3,5	10,7	61,2	0,18	
81	о	Съв.-Амер. Соед.Штаты.	Baltimore and Ohio.	Американск. паровозостроит. Общ.	1904	1422	3048	—	—	16,5	20,35	436	57	6401	455,6	475,95	475,95	6,69	22,4	71,1	—	
82	т	—	Great Northern.	Филадельфія Балъдвинъ.	1906	1397	3048	—	—	14	20,9	441	57	6401	460,8	481,7	481,7	7,25	22,0	66,4	—	
83	т	—	Erie.	Американск. паровозостр. Компания.	1907	1295	—	—	—	15	32,35	468	57	6401	489,1	521,45	521,45	9,29	15,1	56,1	—	
84	Пассажирные только:	Англія.	Lancashire and Yorkshire	—	1901	1724	2743	—	—	12,65	13,72	239	51	4540	156,78	170,5	170,5	2,42	11,4	70,5	—	
85	Пассажирные только:	—	Great Western.	—	—	1730	—	—	—	14,25	—	—	—	—	—	150,0	150,0	2,0	—	75,0	—	
86	Пассажирные только:	Италія.	Казенныя.	Ансальдо Армстронгъ.	около 1906	1500	2665	—	—	13	12,0	222	52	3860	140,0	152,0	152,0	2,38	11,7	63,9	—	
87	Пассажирные только:	Франція.	Ouest.	—	1908	1540	2600	—	—	15	—	117	Serve	70	—	—	179,10	179,10	2,52	—	71,1	—
88	Пассажирные только:	Съв.-Амер. Соед.Штаты.	New-York Central.	—	—	1570	—	—	—	14,25	—	—	—	—	—	—	227,0	5,0	—	45,4	—	

№ по порядку.	Число цилиндровъ.	Система машины.	М		А		Отношение объемовъ цилиндровъ низкаго и высокаго давленія <i>m</i> .	Парораспределительный механизмъ.	И		Н		А.			Въсь паровоза.			$\frac{H}{P}$	Тендеръ.			
			Диаметръ цилиндровъ.		Ходъ поршней <i>l</i> .	Наружная перекрыша золотанковъ.			Внутренняя перекрыша золотанковъ.		Линейныя предваренія впуска пара въ цилиндры.		Въсь паровоза.			Число осей.	Въсь въ рабочемъ состоянн.	Объемъ водяного бака.		Запасъ топлива.			
			Высокаго давленія <i>d</i> .	Низкаго давленія <i>d</i> ₁ .					Малыхъ <i>e</i> .	Большихъ <i>e</i> ₁ .	Малыхъ <i>i</i> .	Большихъ <i>i</i> ₁ .	Высокаго давленія <i>f</i> ₀ .	Низкаго давленія <i>f</i> ₁ .	Безъ воды и топлива <i>l</i> ⁰ .						Въ рабочемъ состоянн <i>l</i> ¹ .	Свѣтной <i>l</i> ² .	
			мм.	мм.	мм.	мм.			мм.	мм.	мм.	мм.	тн.	тн.	тн.	$\frac{м^2}{тн.}$	тн.	м ³ .		тн.			
75	4	Компаундъ Гельсдорфъ.	370	630	720	2,93	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	70,0	77,2	67,4	3,34	3	—	14,2	5,3		
76	4	Компаундъ Де-Гленъ.	390	600	650	2,39	"	—	—	—	—	—	—	67,25	74,75	66,25	3,35	4	45,3	18,0	5,8		
77	4	"	560	660	620 выс. д. 650 низк. д.	2,05	"	52	52	— 6	— 6	—	—	—	85,20	77,70	2,97	2	31,15	12,0	5,0		
78	4	Тандемъ-Компаундъ.	486	813	813	2,80	Стефенсона.	22	19	— 6,4	— 9,5	0	3	—	114,30	93,50	3,50	4	73,0	32,20	9,10		
79	4	Компаундъ.	475	710	650	2,23	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	73,42	80,64	80,64	2,11	—	—	—	—		
80	4	"	510	710	650	1,94	"	—	—	—	—	—	—	81,0	89,0	89,0	2,40	—	—	—	—		
81	4	"	508	813	813	2,56	"	—	—	—	—	—	—	151,7	151,7	3,14	4	65,0	26,5	13,6			
82	4	"	547	838	813	2,35	"	—	—	—	—	—	—	161,0	143,3	2,99	4	67,0	30,2	11,8			
83	4	"	635	911	711	2,06	"	—	—	—	—	—	—	186,0	186,0	2,80	4	74,0	32,1	14,5			
84	2	Простая.	483	—	660	—	Джоя.	—	—	—	—	—	—	—	78,0	53,0	2,19	—	—	—	—		
85	2	"	450	—	750	—	Стефенсона.	—	—	—	—	—	—	—	75,5	50,0	1,99	—	—	—	—		
86	2	Компаундъ.	460	700	600	2,31	Гейзингера.	33	25	— 6	0	6	5,5	47,0	64,0	42,0	2,38	—	—	8,0	3,0		
87	4	Компаундъ Де-Гленъ.	340	530	600	2,43	"	—	—	—	—	—	—	—	75,3	51,2	2,38	—	—	7,0	3,0		
88	2	Простая.	500	—	600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	97,2	58,0	2,34	—	—	13,0	5,0		

№№ по порядку.	Родъ и типъ парозаг.	Государ-ство.	Желѣзно-дорожная линія.	Мѣсто и заводъ постройки.	Годъ постройки или начала службы.	Диаметръ сваренныхъ колесъ D .	Расстояние оси колесъ отъ головки рельса.	Б.		О Т Е Л Ъ.											
								Система паропере-грѣвателя.	Поверхность паро-перегрѣвателя H_2 .	Давленіе пара въ котлѣ p .	Поверхность нагрева топки h_1 .	Дымогарныя трубы.					Площадь колосни-ковой рѣшетки R .	$\frac{h_2}{h_1}$	$\frac{H}{R}$	$\frac{H_2}{H}$	
												Число.	Наруж-ный диаметръ.	Длина между рѣшетками.	Внутренняя поверх-ность нагрева дымо-гарныхъ трубъ h_2 .	Внутренняя поверх-ность нагрева топки и дымог. трубъ H_1 .					Полая внутренняя поверхность нагрева $H_1 + H_2 = H$.
м ² .	кг. см ² .	м ² .	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.	мм.				
89	Товарные танков.: Пассаж. танков.: (0-3-1) (1-3-0)	Франція.	Est.	Бельфоръ, Эльзасское общество.	1906	1580	2600	—	—	16	13,97	229	48, 75	4200	134,69	148,66	148,66	2,57	9,6	57,8	—
90		"	Парижская окружная.	"	1904	1440	2620	—	—	15	12,4	126 Serve	70	4100	190,95	203,35	203,35	2,27	15,3	89,6	—
91		Германія.	Прусскія казенныя.	Берлинъ, Шварц-копфъ.	1906	1350	2520	Шмидта въ жаров. труб.	42,51	12	11,5	150+21	46 и 133	4500	123,41	134,91	177,42	2,25	10,7	78,8	0,24
92		Франція.	Nord.	Желѣзнодорожная мастерскія.	1905	1455	2800	—	—	16	11,99	130 Serve	70	4750	232,56	244,55	244,55	3,0	19,4	81,5	—

№ по порядку.	М А Ш И Н										А.							Тендеръ.				
	Число цилиндровъ.	Система машины.	Диаметръ цилиндровъ.		Ходъ поршвей <i>l</i> .	Отношеніе объема цилиндровъ низкаго и высокаго давленія <i>m</i> .	Парораспредѣлительный механизмъ.	Наружная перекрыша золотниковъ.		Внутренняя перекрыша золотниковъ.		Линейныя предваренія впуска пара въ цилиндры.			Въсь паровоза.			$\frac{H}{P}$	Число осей.	Тендеръ.		
			Высокаго давленія <i>d</i> .	Низкаго давленія <i>d</i> .				Малыхъ <i>e</i> .	Большихъ <i>e</i> .	Малыхъ <i>i</i> .	Большихъ <i>i</i> .	Высокаго давленія <i>f</i> .	Низкаго давленія <i>f</i> .	Безъ воды и топлива <i>P''</i> .	Въ рабочемъ состоянн <i>P</i> .	Сѣтной <i>P'</i> .	Въсь въ рабочемъ состоянн.			Объемъ водного бака.	Занаять топлива.	
																						мм.
89	4	Компаундъ Де-Гленъ.	350	550	640	2,47	Гейзингера.	—	—	—	—	—	—	71,75	90,22	47,21	1,65	—	—	8,6	3,0	
90	4	"	370	570	650	2,38	"	—	—	—	—	—	—	65,7	81,2	61,1	2,50	—	—	6,0	4,0	
91	2	Простая.	610	—	660	—	"	35	—	—	—	—	—	58,95	73,5	73,5	2,41	—	—	7,0	2,0	
92	4	Компаундъ.	400	630	680	2,48	"	—	—	—	—	—	—	81,48	105,43	88,93	2,32	—	—	12,8	5,0	

ГЛАВА III.

А. Определе́ніе главныхъ размѣровъ машины.

Выбравъ для проектируемаго паровоза типъ, систему машины, котловое давленіе пара, задавшись вѣсомъ паровоза и тендера, высчитываемъ для давнихъ условій его работы по вышеприведеннымъ формуламъ величину требующейся отъ паровоза силы тяги и работоспособности. Затѣмъ уже можемъ приступить къ определенію главныхъ размѣровъ его машины и котла.

1. Определе́ніе діаметра движущихъ колесъ.

Вообще говоря, діаметръ спаренныхъ колесъ для каждаго типа паровоза варьируетъ въ довольно тѣсныхъ предѣлахъ; для точнаго же определенія нужно руководствоваться заданными скоростями поѣзда и допускаемымъ числомъ оборотовъ движущихъ колесъ въ единицу времени. Съ одной стороны, въ цѣляхъ безопасности не слѣдуетъ превосходить нѣкотораго наибольшаго, зависящаго отъ конструкціи паровоза, числа оборотовъ колесъ въ единицу времени; съ другой стороны, для нормальной скорости нельзя это число оборотовъ колесъ опускать ниже нѣкотораго предѣла, такъ какъ отъ числа оборотовъ колесъ зависитъ парообразовательная способность котла паровоза. Поэтому слѣдуетъ такъ выбрать діаметръ движущихъ колесъ, чтобы нормальная скорость достигалась при числѣ оборотовъ возможно близкомъ къ высшему предѣлу, а наибольшая предполагаемая скорость поѣзда была бы при большемъ допускаемомъ числѣ оборотовъ колесъ. Діаметръ колесъ въ зависимости отъ послѣдняго условія можетъ быть найденъ по формулѣ:

$$D = \frac{1000 V}{60 \pi \cdot n} \dots \dots \dots (22)$$

гдѣ V —скорость въ $\frac{\text{km}}{\text{hr}}$, n —число оборотовъ въ минуту наибольшее допускаемое.

Наибольшее допускаемое число оборотовъ въ минуту установлено Миннстерствомъ Путей Сообщенія:

для пассажирскихъ паровозовъ $n = 260$
 „ товарныхъ „ „ $n = 225$

Въ послѣднее время для первыхъ русскихъ четырехцилиндровыхъ паровозовъ съ колѣнчатую осью было разрѣшено довести скорость до 306 оборотовъ въ минуту; это, конечно, вслѣдствіе болѣе совершенной уравновѣженности этихъ паровозовъ. Въ Западной Европѣ этотъ предѣлъ еще выше и доходить до 330, а въ Сѣверной Америкѣ—и до 480 оборотовъ въ минуту. Диаметры колесъ для различныхъ типовъ паровозовъ, выработанные практикой, слѣдующіе:

для паровозовъ типа	2—2—1 . . .	$D =$ отъ 1900 до 2200 мм.
„ „ „	1—3—0 . . .	$D =$ „ 1700 „ 1900 „
„ „ „	1—3—1 . . .	$D =$ „ 1800 „ 2006 „
„ „ „	2—3—0 . . .	$D =$ „ 1700 „ 2090 „
„ „ „	2—3—1 . . .	$D =$ „ 1800 „ 2045 „
„ „ „	0—4—0 . . .	$D =$ „ 1200 „ 1350 „
„ „ „	1—4—0 . . .	$D =$ „ 1300 „ 1600 „
„ „ „	2—4—0 . . .	$D =$ „ 1300 „ 1450 „
„ „ „	съ пятью спарен. осями	$D =$ отъ 1300 до 1450 мм.
для паровозовъ типа Маллета		$D =$ отъ 1200 до 1420 мм.
„ „ танковыхъ пассажирск.		$D =$ „ 1500 „ 1730 „
„ „ „ товарныхъ .		$D =$ „ 1350 „ 1450 „

Въ этой таблицѣ меньшій диаметръ движущихъ колесъ соотвѣтствуетъ паровозамъ, предназначеннымъ для обслуживанія большихъ составовъ и для тяжелаго профиля пути, высшій же предѣлъ диаметра соотвѣтствуетъ паровозамъ болѣе скорыхъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ и болѣе легкихъ поѣздовъ.

2. Опредѣленіе хода поршня.

Выборъ величины хода поршня для всѣхъ типовъ паровозовъ ограниченъ довольно тѣсными предѣлами отъ 600 до 760 мм.; наичаще употребительны размѣры отъ 650 до 700 мм. Основаніемъ для расчета величины хода поршня служитъ требованіе, чтобы средняя скорость поршня въ 1 секунду не превосходила нѣкоторой наибольшей допускаемой величины, различной для разныхъ типовъ паровозовъ, въ зависимости отъ числа спаренныхъ осей, а именно:

для паровозовъ съ двумя спаренными осями $v =$ отъ 6 до 6 м.

при числѣ оборотовъ въ минуту $n =$ отъ 200 до 300;

для паровозовъ съ тремя спаренными осями $v =$ отъ 4 до 5 м.

при числѣ оборотовъ въ минуту $n =$ отъ 150 до 250;

для паровозовъ съ четырьмя и болѣе спар. осями $v =$ отъ 3 до 3,5 м.

при числѣ оборотовъ въ минуту $n =$ отъ 120 до 180.

Средняя скорость v поршня въ 1 секунду можетъ быть опредѣлена по формулѣ:

$$v = \frac{n \cdot l}{30} \dots \dots \dots (23)$$

гдѣ n —число оборотовъ въ минуту, l —ходъ поршня въ метрахъ.

При этомъ не слѣдуетъ ходъ поршня дѣлать слишкомъ малымъ, такъ какъ при малой длинѣ хода поршня возрастаетъ отношеніе объема вреднаго пространства къ объему всего цилиндра, что, какъ увидимъ далѣе, неблагоприятно въ смыслѣ увеличенія конденсаціи пара; особенно это имѣетъ большое значеніе для паровозовъ съ насыщеннымъ паромъ.

3. Опредѣленіе діаметра цилиндровъ.

Основаніемъ для опредѣленія величины діаметровъ цилиндровъ вообще служатъ основныя формулы:

$$Z \cong f \cdot P^n \dots \dots \dots (1)$$

$$Z = W \dots \dots \dots (8)$$

$$N = \frac{W \cdot V}{276} \dots \dots \dots (9)$$

Діаметры цилиндровъ должны быть такъ рассчитаны, чтобы максимальная сила тяги, возможная при выбранныхъ размѣрахъ, была вполне достаточна для надежнаго троганія съ мѣста и чтобы машина большую часть требующейся отъ паровоза при ходѣ поѣзда работы производила при наивыгоднѣйшихъ степеняхъ наполненія. Поэтому расчетъ діаметра цилиндровъ слѣдуетъ дѣлать: 1) для максимальной силы тяги при отправленіи поѣзда со станціи и во время первыхъ оборотовъ колесъ паровоза еще при малыхъ скоростяхъ и 2) для силы тяги при нѣкоторыхъ другихъ болѣе большихъ скоростяхъ; какія это скорости—видно изъ заданія, какъ было уже указано выше. Изъ полученныхъ нѣсколькихъ значеній для діаметровъ можно выбрать въ каждомъ частномъ случаѣ наивыгоднѣйшій.

Опредѣленіе діаметра цилиндровъ по максимальной силѣ тяги.

Наибольшая сила тяги получается всегда при наибольшихъ степеняхъ наполненія, которыя въ Европѣ принимаются въ 70—80⁰/₀, въ Америкѣ же до 90⁰/₀. При этомъ среднее индикаторное давленіе p_i , входящее въ общія формулы (2) и (3), имѣеть вполнѣ опредѣленную величину, такъ какъ нѣтъ потерь давленія пара, зависящихъ отъ скорости. Поэтому во всѣхъ формулахъ, служащихъ для опредѣленія наибольшей силы тяги, вмѣсто значенія p_i вводится котловое давленіе p , помноженное на коэффициентъ менѣй единицы, зависящій отъ системы машины и отъ механическаго коэффициента полезнаго дѣйствія машины паровоза (обыкновенно этотъ послѣдній равенъ 0,85). Коэффициентъ при p въ американскихъ формулахъ всегда нѣсколько болѣе, чѣмъ въ европейскихъ, вслѣдствіе больней степени наполненія въ машинѣ американскихъ паровозовъ.

Наиболѣе употребительны слѣдующія формулы, одинаково для паровозовъ, работающих насыщенный или перегрѣтымъ паромъ.

Паровозы двухцилиндровые простого расширенія.

$$Z = 0,60 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (24)$$

формула, примѣняемая въ Россіи.

$$Z = 0,75 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (25)$$

формула прусскихъ казенныхъ дорогъ.

$$Z = 0,85 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (26)$$

американская формула.

Паровозы четырехцилиндровые простого расширенія.

Предыдущія формулы должны быть взяты съ коэффициентомъ 2.

$$Z = 1,20 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (27)$$

$$Z = 1,50 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (28)$$

$$Z = 1,70 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (29)$$

Паровозы двухцилиндровые компаундъ.

$$Z = 0,5 \frac{p \cdot d_1^2 \cdot l}{2 \cdot D} \dots \dots \dots (30)$$

гдѣ d_1 —діаметръ цилиндра низкаго давленія. Эта формула примѣняется въ Россіи.

$$Z = 0,55 \frac{p \cdot d_1^2 \cdot l}{2D} \dots \dots \dots (31)$$

гдѣ d_1 —діаметръ цилиндра низкаго давленія. Это формула прусскихъ казенныхъ дорогъ.

$$Z = 0,55 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (32)$$

французская формула, гдѣ d —діаметръ малаго цилиндра.

$$Z = 0,67 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (33)$$

американская формула, гдѣ d —діаметръ малаго цилиндра.

Паровозы четырехцилиндровые компаундъ.

$$Z = 0,5 \frac{p \cdot d_1^3 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (34)$$

гдѣ d_1 —діаметръ большаго цилиндра. Эта формула примѣняется въ Россіи.

$$Z = 0,55 \frac{p \cdot d_1^3 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (35)$$

прусская формула, гдѣ d_1 —діаметръ большаго цилиндра.

$$Z = 0,40 \frac{p \cdot d_1^3 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (36)$$

формула von-Borggies для отношенія объемовъ цилиндровъ низкаго и высокаго давленія отъ 2,5 до 2,9.

$$Z = 1,10 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (37)$$

французская формула, гдѣ d —діаметръ малаго цилиндра.

$$Z = 2 \cdot 0,75 \frac{p \cdot d^2 \cdot l}{D} \dots \dots \dots (38)$$

формула французской дороги Ouest, гдѣ d —діаметръ цилиндра высокаго давленія.

наполненія. Его можно вычислять по нѣкоторымъ простымъ эмпирическимъ формуламъ, но результаты всегда будутъ сомнительные, такъ какъ эти формулы не принимаютъ во вниманіе многихъ обстоятельствъ, отъ которыхъ зависитъ величина средняго индикаторнаго давленія, а именно: всѣхъ фазъ парораспределенія, скорости хода паровоза, величины вреднаго пространства цилиндра и кромѣ того, въ паровозахъ компаундъ отношенія объемовъ обоихъ цилиндровъ и разности отсѣчекъ въ нихъ. Поэтому лучше отказаться отъ всякихъ простыхъ формулъ и расчетъ величины діаметровъ цилиндровъ дѣлать болѣе сложнымъ, но и болѣе надежнымъ путемъ—по способу французскаго инженера J. Nadal. Этотъ способъ тѣмъ болѣе цѣненъ для проектированія новаго паровоза, что даетъ для любыхъ заданныхъ условій расходъ пара машиной паровоза, что будетъ служить заданіемъ при расчетѣ котла проектируемаго паровоза. Способъ Надаля опирается на практическія данныя, полученныя изъ его опытовъ надъ паровозами на французскихъ желѣзныхъ дорогахъ, и въ большинствѣ случаевъ даетъ результаты очень близкіе къ дѣйствительности. Опишемъ сперва основанія способа Надаля въ общемъ случаѣ, а затѣмъ уважемъ данныя для расчета по этому способу различныхъ типовъ паровозной машины.

Обиця основанія способа J. Nadal.

Расчетъ діаметра цилиндровъ по заданнымъ силѣ тяги, скорости и степени наполненія можетъ быть сдѣланъ по слѣдующей формулѣ:

$$\frac{\pi \cdot D \cdot Z}{0,85} = \frac{T \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l \cdot 4}{v \cdot 4} \dots \dots \dots (40)$$

гдѣ v .—объемъ, описываемый поршнемъ, равный $\frac{\pi d^2 l}{4}$, T —индикаторная работа пара за одинъ ходъ поршня. Въ этой формулѣ лѣвая часть представляетъ работу на кругѣ катанія ведущихъ колесъ, дѣленную на механическій коэффициентъ машины паровоза, правая же—учетверенную индикаторную работу за одинъ ходъ поршня; коэффициентъ 4 возникъ оттого, что за одинъ оборотъ колеса въ двухъ цилиндрахъ будетъ четыре хода поршня. Величина $\frac{T}{v}$ представляетъ индикаторную работу за одинъ ходъ поршня, отнесенную къ единицѣ рабочаго объема цилиндра, и есть основная величина расчета по способу Надаля. При заданныхъ скорости (числѣ оборотовъ колесъ въ единицу времени) и степени наполненія величина $\frac{T}{v}$ опредѣляется по слѣдующей формулѣ:

$$\frac{T}{v} = (a - a') p_0 + a' \frac{p_0 + p_a}{2} + (a + \varepsilon) p_a \lg \lambda +$$

$$+ \frac{p_a}{\lambda} + p_e + 0,25$$

$$- \left[p_e (e - 0,1) + 0,1 \frac{p_e + p_c}{2} + p_c (1 - e + \varepsilon) \lg \gamma \right] \dots \dots \dots (41)$$

- гдѣ: a — впускъ пара въ сотыхъ хода поршня;
 a' — часть впуска въ сотыхъ хода, когда давленіе пара уменьшается отъ тренія въ прикрывающемся окнѣ, $a' = 0,2a$ — по Demoulin;
 d — впускъ и расширеніе съ сотыхъ хода поршня;
 e — выпускъ пара въ сотыхъ хода поршня;
 ε — объемъ вреднаго пространства въ сотыхъ хода;
 λ — степень расширенія $= \frac{d + \varepsilon}{a + \varepsilon}$;
 γ — степень сжатія $= \frac{1 - e + \varepsilon}{\varepsilon}$;
 p_0 — абсолютное давленіе пара при впускѣ;
 p_a — " " " " въ концѣ впуска;
 p_e — " " " " при выпускѣ;
 p_c — " " " " въ началѣ сжатія;
 lg — натуральные.

Въ формулѣ (41) давленія пара всегда принимаются абсолютныя; въ дальнѣйшемъ изложеніи и въ расчетахъ по способу Надаля давленія всегда будутъ приниматься абсолютными.

Полезный расходъ пара (т. е. безъ расхода на конденсацію) за одинъ ходъ поршня, отнесенный къ единицѣ рабочаго объема цилиндра, разсчитывается по формулѣ:

$$\frac{m}{v} = (a + \varepsilon) \delta_a - (c + \varepsilon) \delta_c \dots \dots \dots (42)$$

- гдѣ: c — сжатіе пара въ сотыхъ хода поршня;
 δ_a — плотность пара при давленіи p_a въ концѣ впуска;
 δ_c — плотность пара при давленіи p_c въ концѣ выпуска.

Общее количество теряемой паромъ теплоты во время впуска и сжатія равно:

$$Q_a + Q_c = lQ_e$$

- гдѣ: Q_e — полное пониженіе температуры пара;
 l — нѣкоторый коэффициентъ, обратно пропорціональный корню квадратному изъ скорости; достаточно знать значеніе коэффициента l для одной какой-либо скорости; въ таблицѣ 1 даны величины коэффициента l для скорости трехъ оборотовъ колесъ въ секунду.

ТАБЛИЦА 1.

Впуск пара въ сотыхъ хода.	Сжатіе пара въ сотыхъ хода.	Кoeffици- ентъ l .	Кoeffициентъ l' для постоян- ной величины сжатія въ 15%.
10	42	0,30	0,26
20	35	0,36	0,34
30	28	0,42	0,40
40	23	0,45	0,44
50	18	0,48	0,485
60	14	0,50	0,50
70	10	0,52	0,52

Кoeffициентъ l' , соответствующій n оборотамъ колесъ въ 1 секунду, найдется изъ уравненія: $l' = l \sqrt{\frac{3}{n}}$.

Количество $Q_a + Q_c$ есть теплота, теряемая единицей поверхности. Вся же поверхность состоитъ изъ поверхности вреднаго пространства цилиндра и, приблизительно, изъ половины цилиндрической поверхности, открываемой поршнемъ во время впуска. Эта послѣдняя равна $\frac{a \cdot \pi \cdot l \cdot d}{2}$. Поверхность вреднаго пространства можно считать равной произведенію изъ площади поршня на нѣкоторое число i , измѣняющееся въ зависимости отъ типа машины и обыкновенно заключающееся между 3 и 7. Это число i , слѣдовательно, равно отношенію поверхности вреднаго пространства къ площади поршня; поверхность вреднаго пространства можно считать равной суммѣ двойной площади поршня и поверхности паровыхъ каналовъ; послѣдняя же равна приблизительно двойному діаметру, умноженному на половину длины цилиндра, т. е.

$$i = \frac{\frac{2\pi d^2}{4} + 2dl}{\pi d^2} = 2 + \frac{2l}{\pi d} \dots \dots \dots (43)$$

Количество теплоты, теряемой паромъ, выразится поэтому слѣдующимъ образомъ:

$$q_a + q_c = \left(i \frac{\pi d^2}{4} + a \frac{\pi l \cdot d}{2} \right) l Q_e = v \left(\frac{i}{l} + \frac{2a}{d} \right) l Q_e$$

Эта потеря теплоты влечетъ за собой конденсацію пара.

Количество конденсировавшагося пара за одинъ ходъ поршня,

отнесенное къ единицѣ рабочаго объема цилиндра, опредѣляется по формулѣ:

$$\frac{m'}{v} = \left(\frac{i}{l} + \frac{2a}{d} \right) \frac{lQ}{R_0} \dots \dots \dots (44)$$

гдѣ R_0 —скрытая теплота парообразованія при давленіи p_0 . Количество сухого пара, расходуемаго за одинъ ходъ поршня, пренебрегая утечками, есть $m+m'$.

Если x —процентъ влажности въ парѣ, то расходъ воды равенъ $(1+x)(m+m')$.

Количество теплоты, израсходованной для нагрѣванія указаннаго количества воды до температуры котлового давленія и для ея испаренія, опредѣляется формулой:

$$Q = [(1+x)(q_0 - q) + R_0] (m + m') \dots \dots \dots (45)$$

гдѣ q_0 и q —теплоемкости воды при котловой температурѣ и температурѣ питанія.

Термическій коэффициентъ полезнаго дѣйствія машины выразится уравненіемъ:

$$\rho = \frac{AT}{Q} \dots \dots \dots (46)$$

гдѣ A —термическій эквивалентъ работы $= \frac{1}{428}$ калоріи.

Расчетъ величины діаметровъ цилиндровъ по способу Надаля приходится дѣлать попытками, задаваясь искомой величиной и повѣряя для нея величину работы T . При этомъ, какъ видно изъ уравненія (41), необходимо напередъ задаться нѣкоторыми величинами: фазами парораспределенія, давленіями пара и объемомъ вреднаго пространства цилиндровъ. Выборъ основныхъ величинъ и расчетъ парораспределенія разобраны далѣе въ отдѣлѣ B настоящей главы; прочія же необходимыя величины будутъ указываться одновременно съ примѣненіемъ этого способа къ расчету машинъ различныхъ типовъ. Надо замѣтить, что формулы и коэффициенты Надаля даны имъ только для паровозовъ, работающих насыщеннымъ паромъ, и, слѣдовательно, для паровозовъ съ перегрѣтымъ паромъ требуется нѣкоторое, соответствующее измѣненіе и формулъ и коэффициентовъ. Теперь обратимся къ примѣненію способа Надаля къ расчету частныхъ случаевъ паровозовъ съ манниной различныхъ типовъ: простой и компаундъ, съ насыщеннымъ и перегрѣтымъ паромъ, съ обыкновенными зотниками.

Паровозы съ насыщеннымъ паромъ съ машинной однократнаго расширения.

Для этихъ паровозовъ объемъ вреднаго пространства цилиндра можно принять равнымъ по крайней мѣрѣ 6⁰/₁₀ и въ среднемъ 8⁰/₁₀ рабочаго объема цилиндра; поверхность вреднаго пространства равна 4—5 поверхностямъ поршня; при цилиндрическихъ золотникахъ поверхность вреднаго пространства можетъ быть понижена до 3,5 площадей поршня.

Давленіе пара p_0 при впускѣ можно принять равнымъ 0,9 $(p+1)$, гдѣ p —манометрическое давленіе пара въ котлѣ (въ $\frac{klq}{cm^2}$). Болѣе точное выраженіе потери давленія при переходѣ пара изъ котла въ золотниковую коробку есть $(p+1)-p_0 = A + B.(p+1)na$, такъ какъ потери давленія зависятъ отъ размѣровъ паропроводныхъ трубъ, отъ степени наполненія, скорости хода и котловаго давленія. Но коэффициенты A и B еще мало извѣстны.

Давленіе p_a въ концѣ выпуска менѣе, чѣмъ p_0 , вслѣдствіе мятія пара въ прикрывающемся окнѣ, эта потеря давленія равна: $p_0 - p_a = \alpha p_0$, гдѣ α —коэффициентъ мятія. Этотъ коэффициентъ зависитъ отъ скорости и отъ діаграммы движенія золотника: среднія его величины при отношеніи между площадью окна и площадью поршня равномъ 0,10 показаны въ таблицѣ 2.

ТАБЛИЦА 2.

Коэффициентъ мятія пара при впускѣ.

Число оборотовъ въ секунду.	Впускъ въ сотыхъ хода поршня:				
	10	20	30	40	50
2	0,17	0,13	0,10	0,08	0,06
3	0,22	0,18	0,14	0,11	0,08
4	0,28	0,24	0,20	0,16	0,13
5	0,35	0,30	0,26	0,21	0,16

Давленіе во время выпуска зависитъ отъ сжатія пара при выталкиваніи его изъ цилиндра и отъ количества пара, приходящаго въ цилиндръ за одинъ ходъ поршня. Это давленіе можетъ быть выражено формулой: $p_e = A' + B'(p+1)na$, гдѣ коэффициентъ A' зависитъ отъ сжатія при выпускѣ. Значенія коэффициентовъ A' и B' еще мало извѣстны. Для величины противо-

давления p_c можно взять среднія данныя практики при отверстіи конуса въ 200 см² (діаметръ отверстія конуса 160 мм.). Въ концѣ выпуска и на продолженіи почти 0,10 хода поршня давленіе поднимается, вслѣдствіе закрыванія паровыпускныхъ оконъ, и достигаетъ нѣкоторой величины p_c ; см. табл. 3.

ТАБЛИЦА 3.

Число оборотовъ въ секунду.	Противодавленіе P_c $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	Давленіе P_c $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ въ концѣ выпуска.
2	1,2	1,4
3	1,3	1,6
4	1,5	1,8
5	1,8	2,1

Зная теперь всѣ указанныя величины и кромѣ того фазы парораспределенія, имѣемъ всѣ необходимые элементы для расчета работы и расхода пара для паровозовъ съ насыщеннымъ паромъ и съ машиной простого дѣйствія, двухцилиндровой или четырехцилиндровой. Расходъ пара на индикаторную силу въ часъ, являющійся мѣриломъ качества машины, опредѣлится по уравненію:

$$\delta = \frac{3600 \frac{m + m'}{v}}{\frac{1}{75} \cdot \frac{T}{v}} = 27 \frac{m + m'}{T} \left(\frac{\text{kg}}{\text{HP}} \right) \dots \dots \dots (47)$$

Паровозы съ насыщеннымъ паромъ съ машиной системы компаундъ.

Въ цилиндрахъ паровозовъ компаундъ обыкновенно сжатіе пара получается очень сильное, что заставляетъ дѣлать большимъ вредное пространство. Можно принять объемъ вреднаго пространства равнымъ для малаго цилиндра 10%, для большого 6% рабочаго объема соответствующихъ цилиндровъ. Поверхность вреднаго пространства равна для малаго цилиндра почти 6, а для большого 4 площадямъ поршней соответствующихъ цилиндровъ.

Давленіе пара p_0 при впускѣ въ малый цилиндръ можно принять такое, какъ въ предыдущемъ случаѣ, т. е. $p_0 = 0,9(p+1)$.

Давленіе p_a въ концѣ впуска по предыдущему равно: $p_a = p_0 - \alpha p_0$, гдѣ α — коэффициентъ мятія пара при впускѣ въ малый цилиндръ найдется въ той же таблицѣ 2. Коэффициентъ

мятія пара при впускѣ въ большой цилиндръ всегда бываетъ больше, потому что увеличеніе площади паровпускныхъ оконъ, не пропорціонально увеличенію діаметра цилиндра и еще потому, что коэффициентъ мятія немного увеличивается, когда давленіе уменьшается. Въ таблицѣ 4 указаны значенія α' для цилиндра низкаго давленія по результатамъ опытовъ Babier.

ТАБЛИЦА 4.

Коэффициентъ мятія пара при впускѣ въ большой цилиндръ.

Число оборотовъ въ секундѣ.	Впускъ въ сотыхъ хода поршня.			
	40	50	60	70
3	0,28	0,23	0,18	0,15
4	0,32	0,26	0,20	0,16
5	0,38	0,30	0,22	0,17

Давленіе въ началѣ впуска въ цилиндръ низкаго давленія можно считать равнымъ давленію p'_o въ ресиверѣ.

Давленіе p'_a въ концѣ впуска равно $p'_a = p'_o - \alpha' p'_o$, гдѣ α' берется изъ таблицы 4.

Противодавленіе и давленіе въ концѣ выпуска въ большомъ цилиндрѣ надо взять изъ таблицы 3. Въ маломъ цилиндрѣ при выпускѣ сначала давленіе пара p_e можно считать равнымъ давленію p'_o въ ресиверѣ, затѣмъ это давленіе возрастаетъ по закону прямой и въ началѣ сжатія это давленіе p_c равно давленію p_e , умноженному на нѣкоторый коэффициентъ, зависящій главнымъ образомъ отъ скорости:

значенія коэффициента: 1,15 , 1,22 , 1,30.
при числѣ оборотовъ въ секунду: 3 , 4 , 5.

Чтобы разсчитать работу и расходъ пара машиной компаундъ, необходимо опредѣлить сначала давленіе пара въ ресиверѣ; всѣ прочія величины извѣстны. Это давленіе найдется изъ того положенія, что расходы пара въ обоихъ цилиндрахъ маннины должны быть равны между собой, т. е. $m + m' = m_1 + m_1'$. Не сдѣлаемъ большой ошибки, предположивъ, что въ ресиверѣ не происходитъ ни конденсаціи, ни подогрѣванія пара, такъ какъ въ дѣйствительности въ части ресивера, помѣщенной въ дымовой коробѣ,

парь подогревается, въ наружной же его части парь охлаждается— въ результатѣ одно компенсируется другимъ.

Уравненіе $m + m' = m_1 + m_1'$ — трансцендентное и можетъ быть рѣшаемо только попытками. Незвѣстными являются слѣдующія величины: діаметры обоихъ цилиндровъ, степень наполненія цилиндра низкаго давленія (при извѣстной заданной степени наполненія цилиндра высокаго давленія) и давленіе въ ресиверѣ.

Задавшись отношеніемъ объемовъ обоихъ цилиндровъ $\frac{v_1}{v} = k$, гдѣ v_1 — объемъ большого, v — объемъ малаго цилиндровъ, можемъ расходъ пара въ большомъ цилиндрѣ привести къ единицѣ объема малаго цилиндра, умножая расходъ большого цилиндра на коэффициентъ k .

Дѣйствительно:

$$\frac{m_1}{v} = \frac{m_1}{v_1} \cdot \frac{v_1}{v} = k \frac{m_1}{v_1} \text{ и } \frac{m'_1}{v} = \frac{m'_1}{v_1} \cdot \frac{v_1}{v} = k \frac{m'_1}{v_1}.$$

Задаться соотношеніемъ между отсѣчками въ обоихъ цилиндрахъ надо въ зависимости отъ принятаго отношенія между объемами цилиндровъ. При этомъ слѣдуетъ руководствоваться тѣмъ, что было сказано относительно паровозовъ компаундъ въ главѣ I. Вообще же говоря, разницу между отсѣчками обоихъ цилиндровъ при среднихъ наиболѣе употребительныхъ зубьяхъ реверса слѣдуетъ дѣлать по слѣдующему правилу: при отношеніи объемовъ равномъ и большемъ 2,9 можно принять равенство отсѣчекъ; при отношеніи меньшемъ 2,9 отсѣчки въ большомъ цилиндрѣ должны тѣмъ больше превышать отсѣчки въ маломъ цилиндрѣ, чѣмъ менѣе отношеніе объемовъ обоихъ цилиндровъ; въ среднемъ разница — между отсѣчками должна достигать 20—25^{0/0}/₀.

Такимъ образомъ число неизвѣстныхъ величинъ свелось уже къ двумъ: діаметру малаго цилиндра и давленію пара въ ресиверѣ.

Для опредѣленія ресивернаго давленія вычисляемъ для различныхъ его значеній (3, 4, 5, 6 атмосферъ) расходы пара въ обоихъ цилиндрахъ на единицу объема малаго цилиндра, т. е. $\frac{m+m'}{v}$ и $\frac{m_1+m'_1}{v}$; строимъ кривыя этихъ расходовъ, откладывая по оси

абсциссъ величины ресивернаго давленія, по оси ординатъ расходы пара. Пересѣченіе кривыхъ расхода въ маломъ и большомъ цилиндрахъ опредѣлитъ истинную величину давленія пара въ ресиверѣ. Для найденнаго давленія подсчитываемъ расходъ пара и работы въ обоихъ цилиндрахъ, отнесенныя къ единицѣ объема малаго цилиндра, т. е. $\frac{T}{v}$ и $\frac{T_1}{v} = k \frac{T_1}{v_1}$. Затѣмъ по заданной при данныхъ

условіяхъ мощности паровоза и по расчетной величинѣ суммы работъ обоихъ цилиндровъ $\frac{T+T_1}{v}$ найдемъ объемъ малаго цилиндра v и слѣдовательно его діаметръ.

Расходъ пара въ часъ на индикаторную силу получится изъ уравненія:

$$\delta = \frac{3600 \cdot \frac{m+m'}{v}}{\frac{1}{75} \cdot \frac{T+T_1}{v}} = 27 \frac{m+m'}{T+T_1} \left(\frac{kg}{HP} \right) \dots \dots \dots (48)$$

Величина δ можетъ служить критеріемъ при оцѣнкѣ выбранныхъ элементовъ машины. Задаваясь различными отношеніями объемовъ цилиндровъ и различными соотношеніями между наполненіями цилиндровъ, можно спроектировать для заданной службы паровоза машину съ минимальнымъ расходомъ пара. Это, конечно, работа очень кропотливая и тяжелая, но надо имѣть въ виду, что вообще проектированіе паровоза дѣло очень трудное и ответственное, и поэтому не слѣдуетъ гнаться за частичнымъ облегченіемъ работы въ ущербъ экономичности паровоза въ его будущей службѣ.

Паровозы съ высокотеплотнымъ паромъ.

Высокотеплотнымъ паръ въ паровозахъ считается при температурѣ отъ 300 до 350°С независимо отъ давленія. Перегрѣвомъ повышается температура пара, давленіе же его при этомъ не мѣняется. Количество теплоты, содержащееся въ единицѣ вѣса перегрѣтаго пара, болѣе количества ея, содержащагося въ единицѣ вѣса насыщеннаго пара, на величину $C_p(t' - t)$, гдѣ $C_p = 0,6$ — теплоемкость перегрѣтаго пара при постоянномъ давленіи, t' и t температуры перегрѣтаго и насыщеннаго пара при данномъ давленіи. При этомъ объемъ единицы вѣса перегрѣтаго пара значительно болѣе объема той же единицы насыщеннаго пара того же давленія. Напримѣръ, для давленія пара въ 13 атмосферъ абсолютныхъ специфическій объемъ и плотность перегрѣтаго пара имѣютъ слѣдующія значенія:

Температура.	Объемъ единицы вѣса ω	Плотность $\gamma = \frac{1}{\omega}$
190° насыщ.	0,155	6,45
250°	0,177	5,65
300°	0,196	5,10
350°	0,216	4,63

Оба указанных свойства перегрѣтаго пара: большее количество тепла въ единицѣ вѣса и большій объемъ ея, представляютъ важнѣйшія положительныя свойства перегрѣтаго пара. Ими объясняется экономія въ расходѣ воды и топлива и повышеніе мощности, наблюдаемыя въ паровозахъ, работающихъ перегрѣтымъ паромъ. Благодаря высокому содержанию теплоты въ перегрѣтомъ парѣ при температурѣ въ среднемъ около 300° и выше, онъ почти совсѣмъ не конденсируется въ цилиндрахъ; примѣры:

1) при давленіи въ началѣ расширенія 8 абсолютныхъ атмосферъ, температурѣ пара $169,6^{\circ}$ при насыщенномъ состояніи, температурѣ перегрѣва 300° ;

Расширеніе до:	Температура пара въ концѣ расширенія.	Давленіе абсол. въ концѣ расширенія.	Температура при насыщ. состояніи.	Степень перегрѣва.
2 объемовъ	215°	3,18	$134,8^{\circ}$	$80,2^{\circ}$
3 „	169°	1,86	$117,2^{\circ}$	$51,8^{\circ}$
4 „	137°	1,27	$105,8^{\circ}$	$31,2^{\circ}$

2) при давленіи въ началѣ расширенія 13 абсолютныхъ атмосферахъ, температурѣ пара $190,6^{\circ}$ при насыщенномъ состояніи, температурѣ перегрѣва 300° .

Расширеніе до:	Температура пара въ концѣ расширенія.	Давленіе абсол. въ концѣ расширенія.	Температура при насыщ. состояніи.	Степень перегрѣва.
2 объемовъ	217°	5,17	$152,2^{\circ}$	$64,8^{\circ}$
3 „	170°	3,01	$133,6^{\circ}$	$37,0^{\circ}$
4 „	140°	2,06	$120,4^{\circ}$	$19,6^{\circ}$

Эти два примѣра вычислены при предположеніи, что расширеніе перегрѣтаго пара адиабатическое, что очень близко къ дѣйствительности при сильномъ перегрѣвѣ. Расчетъ былъ сдѣланъ Надалемъ по диаграммамъ, снятымъ съ паровой машины простого расширенія, на основаніи слѣдующихъ положеній:

1) измѣненіе количества теплоты въ парѣ эквивалентно произведенной работѣ;

2) работа $T = \frac{1}{0,33} (p_a v_a - p v)$, гдѣ p_a и p — давленія абсол. въ началѣ и концѣ расширенія, v_a и v — объемы въ началѣ и концѣ расширенія;

3) измѣненіе количества теплоты $u' - u = c(t' - t)$, гдѣ u' и u теплота пара въ началѣ и концѣ расширенія, t' и t — температура пара въ началѣ и концѣ расширенія.

Изъ этихъ примѣровъ видно, что при температурѣ пара 300° онъ остается перегрѣтымъ при расширеніи болѣе, чѣмъ до 4-хъ объемовъ, т. е. для простой машины можно принять полное отсутствіе конденсаціи пара. Въ машинѣ компаундъ, гдѣ расширеніе можетъ быть значительно болѣе, но вмѣстѣ съ тѣмъ и охлаждающее вліяніе стѣнокъ цилиндровъ менѣе, конденсаціи точно также не будетъ, если температура перегрѣва нѣсколько выше 300° ($310 - 330^\circ$); это подтверждается послѣдними наблюденіями надъ паровозами компаундъ съ перегрѣтымъ паромъ на французской желѣзной дорогѣ Ouest.

Благодаря увеличенному объему вѣсовой единицы перегрѣтаго пара, объемъ цилиндра для лучшаго использованія энергіи этого пара приходится дѣлать нѣсколько болѣе объема цилиндра равносильнаго паровоза съ насыщеннымъ паромъ. Увеличеніе объема вѣсовой единицы перегрѣтаго пара можетъ доходить до 27% (напримѣръ, при $p = 13$ атм. и $t' = 300^\circ$) и выше, но благодаря тому, что вѣсовая единица этого пара содержитъ больше энергіи, чѣмъ эта же единица насыщеннаго, то потребность въ увеличеніи объема цилиндра является меньшею, чѣмъ 27%, и практически считается въ 18%. На эти 18% долженъ быть больше объемъ цилиндра при перегрѣтомъ парѣ по сравненію съ насыщеннымъ. Въ машинѣ компаундъ увеличивается объемъ цилиндра высокаго давленія; цилиндръ низкаго давленія увеличивать не слѣдуетъ, такъ какъ степень перегрѣва работающаго въ немъ пара значительно ниже, и слѣдовательно, специфическій объемъ этого пара близокъ къ объему насыщеннаго. Вслѣдствіе этого и отношеніе объемовъ цилиндровъ двухкратнаго расширенія съ перегрѣтымъ паромъ менѣе, чѣмъ у одинаковой машины компаундъ съ насыщеннымъ паромъ.

Основываясь на этомъ, можно рассчитывать размѣры цилиндровъ паровоза съ перегрѣвомъ пара, какъ паровоза съ насыщеннымъ паромъ, но вводя указанную поправку для діаметра цилиндровъ.

Для расчета по формулѣ (41) коэффиціентовъ по таблицамъ 1, 2, 3 и 4 для перегрѣтаго пара еще нѣтъ, такъ какъ, къ со-

жалѣнію, опытовъ, подобныхъ опытамъ Надаля, надъ паровозами съ перегрѣтымъ паромъ еще не было произведено.

Но можно предполагать, что ошибка въ расчетѣ не будетъ велика, если, принимая способъ Надаля, внесемъ слѣдующія поправки.

Величину давленія p_0 въ началѣ впуска надо брать по формулѣ $p_0 = (p + 1) - q$, гдѣ q — величина паденія давленія (въ атмосферахъ) при проходѣ пара изъ котла въ золотниковую коробку. Это паденіе q очень значительно, благодаря введенію пароперегрѣвателя, представляющаго очень значительное сопротивление прохождению пара. Паденіе давленія еще усугубляется тѣмъ, что практически для этихъ паровозовъ примѣняется вообще сравнительно малое открытіе регулятора, что выгодно въ смыслѣ легкаго достиженія и поддержанія высокой температуры пара (отъ 310 до 350°). Величина q увеличивается съ увеличеніемъ скорости хода и увеличеніемъ степени наполненія, что, конечно, есть слѣдствіе возрастанія сопротивления при увеличеніи скорости теченія пара.

Величины q даны въ слѣдующей таблицѣ 5, составленной по даннымъ опытовъ 1908 года итальянскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ.

ТАБЛИЦА 5.

Число оборотовъ въ секунду.	Открытіе регулятора.	Степень наполненія.	Величина q $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
2	отъ $\frac{4}{5}$ до $\frac{2}{3}$	отъ 40 до 50%	отъ 2,5 до 4
3	отъ $\frac{3}{4}$ до $\frac{2}{3}$	отъ 35 до 45%	отъ 3 до 4
4	отъ $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{5}$	отъ 32 до 35%	отъ 4 до 5,5
4,5	отъ $\frac{2}{3}$ до $\frac{1}{2}$	отъ 30 до 35%	отъ 5 до 6

Всѣ прочія величины, входяція въ формулу (41), можно брать по таблицамъ 1, 2, 3 и 4, потому что различныя свойства насыщеннаго и перегрѣтаго пара уравниваются другъ друга, а именно: коэффициенты мятія въ окнахъ для перегрѣтаго пара (какъ болѣе текучаго) меньше, чѣмъ для насыщеннаго; благодаря большей температурѣ, теоретическій процессъ работы перегрѣтаго пара въ цилиндрѣ болѣе совершененъ, чѣмъ насыщеннаго пара; но въ противоположность этому кривая расширенія насыщеннаго пара всегда лежитъ выше кривой перегрѣтаго пара; объемная единица насыщеннаго пара обладаетъ большей энергіей, чѣмъ перегрѣтаго.

Расчет расхода пара надо дѣлать по формулѣ (42); формула (44) отпадаетъ, такъ какъ расхода пара на конденсацію нѣтъ совсѣмъ.

Коэффициенты δ_n и δ_c формулы (42) должны быть взяты для температуръ перегрѣтаго пара:

- δ_n — для температуры 300° или нѣсколько выше,
- δ_c — для температуръ, зависящихъ отъ скорости хода,

а именно:

при числѣ оборотовъ въ секунду	2,	3,	4,	5,
давленіе пара	1,4,	1,6,	1,8,	2,1;
температура пара	137°,	—	169°,	—

Ходъ расчета остается тотъ же, что и для манины съ насыщеннымъ паромъ. Только при выборѣ отношенія объемовъ цилиндровъ машины компаундъ надо помнить, что объемъ малаго цилиндра на 18% болѣе и соотвѣтственно съ этимъ уменьшить принимаемое отношеніе объемовъ.

4. Расходъ пара машиной.

Полный часовой расходъ сырого пара маниной, развивающей при данныхъ условіяхъ N_i индикаторныхъ силъ, выражается формулой:

$$B = (1 + x) \delta \cdot N_i \dots \dots \dots (49)$$

гдѣ: δ — расходъ сухого пара на одну индикаторную силу, находится по формуламъ Надаля, x — процентное содержаніе влаги въ парѣ.

Содержаніе влаги въ парѣ зависитъ отъ многихъ обстоятельствъ: интенсивности работы котла, высоты стоянія воды въ котлѣ, отъ скорости движенія паровоза и отъ другихъ условій; этотъ вопросъ недостаточно еще изученъ. Въ среднемъ степень влажности $x = 10\%$ до 15% при движеніи паровоза; при испытаніяхъ паровозовъ на опытныхъ станціяхъ, когда паровозъ стоитъ на роликѣхъ, влажность обыкновенно наблюдается минимальная и паръ можетъ считаться почти сухимъ.

На выставкѣ въ Saint-Louis въ 1904 году производились подобныя испытанія на станціи и влажность котельнаго пара была опредѣлена незначительная. Испытывались восемь паровозовъ (четыре товарныхъ и четыре пассажирскихъ); полученные резуль-

таты по опредѣленію расхода пара машиною паровозовъ помѣ-
щены въ слѣдующихъ таблицахъ.

ТАБЛИЦА 6.

Паровозъ № 1499 Pennsylvania Railroad, типъ 1-4-0, машина
двухцилиндровая простого раеширенія. (Табл. А. № 69).

№ опыта.	Число оборо- товъ колесъ въ минуту.	Степень напол- ненія въ % хода поршня.	Открытие регулятора.	Расходъ пара на 1 индикатор. силу въ часъ въ klg.
110	40,3	22,44	полное	12,67
111	40,4	30,45	"	12,20
103	92,7	22,80	"	11,41
109	81,6	20,88	"	11,32
112	79,7	29,42	"	10,70
118	80,7	39,34	"	11,05
108	79,7	41,44	"	11,04
116	120,1	31,33	"	10,48
115	120,6	33,96	"	10,62
102	160,3	22,16	"	11,09
105	157,6	28,03	"	10,61
113	158,7	30,12	"	10,81
106	160,9	32,91	"	10,80
117	160,6	35,30	частичное	11,04
101	160,5	42,14	"	12,21
104	160,8	45,09	"	13,06
114	160,8	52,05	"	15,49

ТАБЛИЦА 7.

Паровозъ № 734 Lake Shore and Michigan Southern Ry,
типъ 1-4-0, машина двухцилиндровая простого раеширенія.
(Табл. А. № 70).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Степень наполненія въ % хода поршня.	Открытие регулятора.	Расходъ пара на 1 индикатор. силу въ часъ въ klg.
201	40,3	9,1	полное.	13,23
202	40,5	30,7	"	12,43
203	40,1	41,3	"	12,22
204	80,0	43,9	"	11,68
205	80,5	17,3	"	11,58
206	80,1	30,7	"	10,98
208	80,0	40,7	"	11,15
209	159,3	21,1	"	11,23
210	159,9	23,3	"	11,03
211	160,0	29,0	"	11,65
212	160,3	27,4	"	10,70
213	160,4	39,8	частичное.	12,37
214	39,6	19,4	полное.	—
215	80,1	19,7	"	—
216	79,5	40,1	"	—
217	159,2	38,5	частичное.	13,47
218	160,1	39,0	"	12,53
219	158,8	30,9	"	11,42
220	160,0	24,6	"	11,03
221	118,9	35,7	полное.	—
222	119,4	37,5	"	—

ТАБЛИЦА 8.

Паровозъ № 585 Michigan Central Ry, типъ 1-4-0, машина двухцилиндровая компаундъ, отношеніе объемовъ цилиндровъ = 2,33. (Табл. А. № 71).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Степень наполненія малаго цилиндра въ % хода поршня.	Открытие регулятора.	Расходъ пара на 1 индикатор. силу въ часъ въ klg.
301	40,0	43,1	полное.	9,04
302	40,0	45,3	"	8,99
303	40,0	48,6	"	9,07
305	80,0	45,7	"	8,74
306	80,2	42,2	"	9,02
308	80,0	58,8	"	8,81
309	80,0	57,5	"	8,96
311	117,9	50,6	"	—
312	160,0	49,6	"	10,37
313	160,0	50,7	"	10,20
316	160,0	64,1	"	10,93
317	160,0	51,5	частичное.	9,83
318	160,0	60,3	"	10,54
319	160,0	66,0	"	10,79

ТАБЛИЦА 9.

Паровозъ № 929 Atchison, Topeka and Santa Fe Railway, типъ 1-5-1, машина четырехцилиндровая тандемъ-компаундъ, отношеніе объемовъ цилиндровъ = 2,8. (Табл. А. № 78).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Степень наполненія малаго цилиндра въ % хода поршня.	Открытие регулятора.	Расходъ пара на 1 индикатор. силу въ часъ въ klg.
401	40,0	26,6	полное.	11,84
402	40,0	33,9	"	11,10
403	40,0	40,8	"	10,46
405	80,0	28,8	"	10,59
407	80,0	41,4	"	9,39
408	81,3	51,4	"	10,76
410	60,0	26,1	"	11,54
411	60,0	33,7	"	10,39
412	60,6	41,9	"	9,77

ТАБЛИЦА 10.

Паровозъ № 2512 Pennsylvania Railroad, типъ 2-2-1, машина четырехцилиндровая компаундъ, типа de Glehn (Табл. А. № 12).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Степень наполненія въ % хода поршня:		Открытие регулятора.	Расходъ пара на 1 индикатор. силу въ часъ въ klg.
		мал. cyl.	больш. cyl.		
501	80	26,9	52,1	полное.	9,48
502	80	39,1	60,0	"	8,32
505	160	25,2	52,3	"	8,93
506	160	27,3	52,7	"	9,46
507	160	38,4	60,1	"	8,77
508	160	49,7	69,8	"	9,25
510	240	27,7	50,0	"	9,82
511	240	29,8	57,2	"	10,15
512	240	34,2	62,2	"	9,67
513	280	29,2	57,9	"	12,10

ТАБЛИЦА 11.

Паровозъ № 535 Atchison, Topeka and Santa Fe Railway типъ 2-2-1, машина четырехцилиндровая, типа Baldwin (balanced). (Табл. А. № 13).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Степень наполненія малаго цилиндра въ % хода поршня.	Открытие регулятора.	Расходъ пара на 1 индикатор. силу въ часъ въ klg.
602	80	31,0	"	9,70
603	80	37,6	"	9,80
604	80	53	"	9,20
605	160	36,1	"	8,70
606	160	43	"	9,02
607	160	50,5	"	8,68
609	239,9	46,4	"	8,94
610	240	52,9	"	9,31
611	240	51,3	"	9,16
613	280	47,7	"	9,27

ТАБЛИЦА 12.

Паровозъ № 628 Прусскихъ казенныхъ дорогъ, типъ 2-2-1, машина четырехцилиндровая компаундъ типа von Borries, пароперегрѣватель системы Pielock. (Табл. А. № 6).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Степень наполненія малаго цилиндра въ % хода поршня.	Открытіе регулятора.	Расходъ пара на 1 индикатор. силу въ часъ въ klg.	Температура перегрѣва ° С.
701	80	35,2	полное.	8,09	306
702	80	44,9	"	7,97	323
705	160,0	37,6	"	7,52	317
706	160,1	43,2	"	7,43	317
707	160	47,8	"	7,99	309
708	160	47,4	"	8,12	320
709	240	35,3	"	7,46	316
710	239,4	38,8	"	7,77	313
711	240	46,4	"	8,41	320
712	280,3	35,8	"	9,53	311

ТАБЛИЦА 13.

Паровозъ № 3000 New-York Central and Hudson River Railroad, типъ 2-2-1, машина четырехцилиндровая компаундъ типа Cole. (Табл. А. № 14).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Степень наполненія малаго цилиндра въ % хода поршня.	Открытіе регулятора.	Расходъ пара на 1 индикатор. силу въ часъ въ klg.
801	79,8	36,0	полное.	9,30
802	80	45,9	"	9,15
805	160	36,3	"	8,77
806	160	43,7	"	8,93
807	160	57,1	"	9,65
809	240	32,2	"	9,42
811	240	46,6	"	9,92
812	240	53,7	"	10,79
813	280,1	32,2	"	9,96
814	280	38,2	"	9,93
815	320	41,0	"	10,52

Какъ примѣръ другого рода, приведемъ результаты испытаній опытными поѣздками, произведенными на Владикавказской желѣзной дорогѣ В. И. Лопушинскимъ надъ паровозомъ № 2 сериѣ А.

Паровозъ сериѣ А пассажирскій типа 2—3—0 съ двухцилиндровой машиной компаундъ. Помѣщенные въ таблицѣ 14 величины расхода пара получены расчетомъ по способу Надаля, но съ принятіемъ въ формулахъ Надаля коэффициентовъ, отвѣчающихъ дѣйствительной машинѣ паровоза № 2 и диаграммамъ, снятымъ во время поѣздовъ; влажность пара была отъ 12 до 18⁰/₁₀.

ТАБЛИЦА 14.

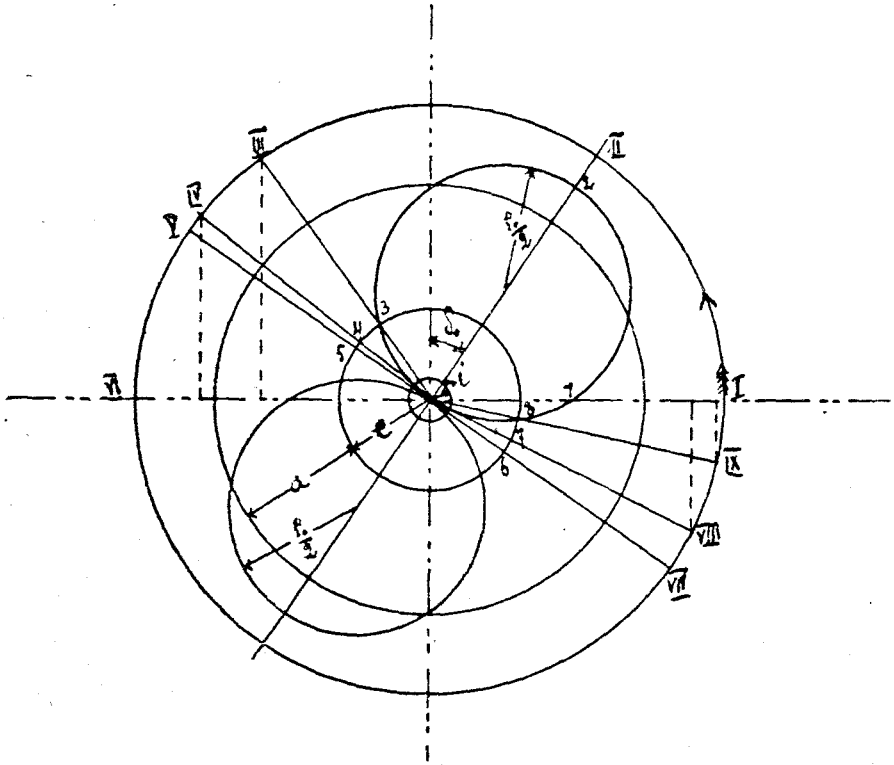
Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Степень наполненія въ % хода поршня:		Открытие регулятора.	Расходъ сухого насыщеннаго пара на 1 индикат. силу въ часъ въ klg.
	мал. цил.	больш. цил.		
65	62	70	полное.	9,45
80	58	67	полное.	9,13
90	68	76	11 / 13	9,15
110	51	62	полное.	9,54
130	0,60	69	10 / 13	9,90
160	0,60	69	10 / 13	10,31
180	0,60	69	10 / 13	10,51
200	0,51	62	9 / 13	10,67
240	0,51	62	9 / 13	10,88
260	0,51	62	9 / 13	10,95

Б. Расчетъ парораспределения.

При вычисленіи по способу Надаля работы машины паровоза и расхода ею пара необходимо предварительно задаться главнѣйшими элементами парораспределения и имѣть таблицу парораспределения. Кромѣ того парораспределение настолько существенно влияетъ на работу машины и расходъ пара, что, не задавшись по крайней мѣрѣ главнѣйшими его элементами, нельзя дѣлать какихъ-либо предположеній объ истинныхъ работѣ и расходѣ пара.

1. Исследование парораспределения при помощи диаграммы Цейнера.

Для составления таблицы парораспределения, необходимой для расчета по формулам Надаля, можно пользоваться построением диаграмм Цейнера для всех нужных степеней заполнения. Диаграмма Цейнера дает средние значения фаз парораспределения с достаточною для расчета по Надалю точностью; в действ-



Чер. 15.

тельности, вследствие влияния конечности длины шатуна и золотниковой тяги, фазы по объём сторонам поршня отличаются между собой. Сущность построения диаграммы общеизвестна и ясно видна на чертеже 15, и поэтому ограничимся только указанием значений различных элементов диаграммы.

Окружность I П. VIII IX — траектория движения пальца кривошипа.

Диаметръ I VI равенъ длинѣ хода поршня (въ любомъ масштабѣ).

Изъ центра проведены три окружности радиусовъ, равныхъ i , e и $e + a$, гдѣ i — внутренняя перекрыша, e — наружная перекрыша золотника, a — ширина паровпускного окна.

Уголь δ_0 — уголь предваренія.

ρ_0 — величина эксцентриситета.

Отодвиженіе золотника отъ своего средняго положенія въ любой моментъ равно отрѣзку радіальной прямой линіи между центромъ и соотвѣтствующей точкой окружности радиуса $\frac{\rho_0}{2}$; отрѣзокъ этой радіальной прямой между соотвѣтственными точками окружности радиуса $\frac{\rho_0}{2}$ и окружности радиуса e или i представляеть открытіе паровыхъ оконъ въ данный моментъ.

Положеніе IX кривошипа	представляетъ	начало впуска пара;
„ I и VI „ „	„ „	открытіе окна поль- мертвья положенія кривошипа; окно от- крыто на величинули- нейнаго предваренія.
„ II „ „	„ „	впускъ пара при наи- больш. открытіи ок- на.
„ III „ „	„ „	отсѣчку пара и на- чало расширенія.
„ IV „ „	„ „	начало выпуска пара.
„ V и VII „ „	„ „	среднія положенія зо- лотника. Прямая V.VII каса- тельна къ кругамъ радиуса $\frac{\rho_0}{2}$.
„ VIII „ „	„ „	начало сжатія пара.

Отношеніе проекціи на ось I VI отодвиженія пальца кривошипа отъ мертвой точки ко всей длинѣ I VI хода поршня даетъ требуемую величину опредѣленной фазы парораспредѣленія въ сотыхъ хода поршня.

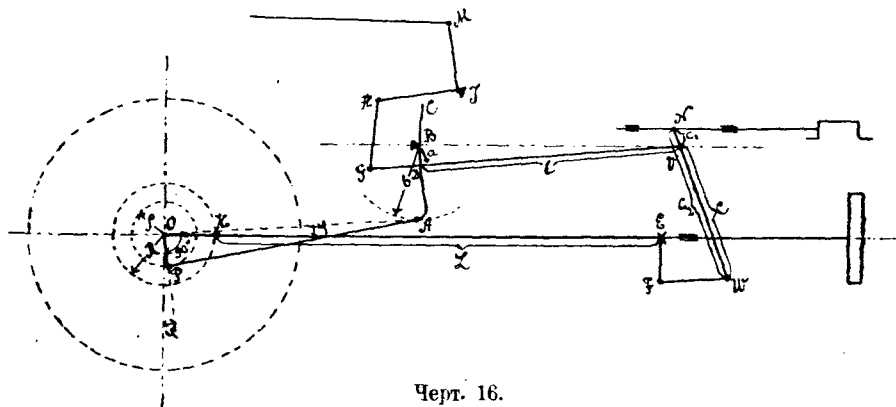
О задавіи величинами e , i , ρ_0 и $\angle \delta_0$ будетъ сказано далѣе. Построеніе диаграммъ Цейнера надо сдѣлать для всѣхъ тѣхъ степеней наполненія, которыя войдутъ въ расчетъ. Измѣненіе степеней наполненія зависитъ отъ измѣненія эксцентриситета ρ_0 и угла предваренія δ_0 ; послѣднія же величины зависятъ отъ системы

и размѣровъ парораспределительнаго механизма. Поэтому необходимо одновременно задаться и главными размѣрами этого механизма.

2. Теорія парораспределительнаго механизма системы Гейзингера фонъ-Вальдеггъ.

Какъ уже указывалось въ главѣ I, современные паровозы строятся исключительно съ парораспределительнымъ механизмомъ системы Гейзингера фонъ-Вальдеггъ (или Walschaert). Конструкція этого механизма заключается въ слѣдующемъ (черт. 16).

Движеніе золотника или непосредственно золотниковаго кулака N слгаается: 1) изъ вращенія маятника NW около точки V ,



Черт. 16.

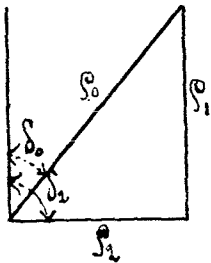
при чемъ конецъ W маятника совершаетъ движеніе одинаковое съ крейцкопфомъ E , съ которымъ онъ связанъ подвѣской EF и поводкомъ FW , т. е. полное перемѣщеніе по горизонтали точки W равно величинѣ хода поршня $= 2R$, и 2) изъ движенія точки V маятника, получающагося чрезъ посредство золотниковой тяги DV отъ камня D при качаніи кулисы CBA ; кулисса получаетъ качательное движеніе около ея центра B чрезъ посредство эксцентриковой тяги PA при вращеніи контркривошипа (съ эксцентриситетомъ ρ) вмѣстѣ съ ведущимъ колесомъ. Радиусъ кривизны кулисы равенъ длинѣ DV золотниковой тяги, что обуславливаетъ равенство линейныхъ предвареній впуска для всѣхъ степеней наполненія. Для равенства качаній кулисы впередъ и взадъ необходимо, чтобы направленіе эксцентриситета ρ было при среднемъ положеніи кулисы перпендикулярно линіи OA ; кромѣ того направленіе ρ должно опережать кривошипъ OK_0 при переднемъ ходѣ паровоза.

Движеніе золотника совершается подъ дѣйствиємъ нѣкотораго фиктивного эксцентрика ρ_0 съ угломъ предваренія δ_0 (см. діаграмму Цейнера). Этотъ эксцентрикъ ρ_0 получается, какъ результатъ дѣйствія двухъ эксцентриковъ:

$$\rho_1 = \frac{c_2}{c} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{\rho}{\cos \varphi} = \text{перемѣн. съ угломъ опереженія } \delta_1 = 0^\circ.$$

$$\rho_2 = \frac{c_1}{c} \cdot R = \text{Const} \dots \dots \text{ съ угломъ опереженія } \delta_2 = 90^\circ.$$

гдѣ R — радіусъ кривошипа, c_1 и c — плечи маятника, c_2 — длина маятника, ρ — радіусъ контркривошипа, $\angle \varphi$ — уголъ опереженія контркривошипа (иногда дѣлается $\angle \varphi = 0$, когда точка A лежитъ при среднемъ положеніи кулисы на прямой OE), e — разстояніе точки хватанія кулисы эксцентриковой тягой отъ оси вращенія



Черт. 17.

кулисы, a — перемѣнное разстояніе камня кулисы отъ центра ея вращенія; положеніе точки D между A и B соответствуетъ переднему ходу паровоза, положеніе этой точки между C и B — заднему его ходу. Два эксцентрика ρ_1 и ρ_2 получаются отъ указанныхъ составныхъ движеній механизма. Фиктивный эксцентрикъ ρ_0 находится, какъ гипотенуза прямоугольнаго треугольника, катеты котораго эксцентрики ρ_1 и ρ_2 , т. е. $\rho_0 = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}$ (см. черт. 17).

Въ зависимости отъ выбранныхъ величинъ линейнаго предваренія впуска, перекрышь наружной и внутренней и наибольшхъ открытій оконъ для различныхъ степеней наполненія подбираются значенія ρ_0 , ρ , и ρ_2 по слѣдующимъ уравненіямъ:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}$$

$$\rho_1 = \frac{c_2 \cdot a \cdot \rho}{c \cdot b \cdot \cos \varphi}$$

$$\rho_2 = \frac{c_1}{c} R$$

$$\rho_0 = e + f$$

гдѣ e — наружная перекрыша золотника, f — открытіе паровпсннаго окна.

Выборъ величинъ e , i , f для всѣхъ наполненій и f_0 (линейное предвареніе) будетъ разсмотрѣнъ далѣе.

По даннымъ: величинѣ линейнаго предваренія впуска f_0 и на-

ружной перекрышѣ e , легко подобрать размѣры маятника ΔW ; такъ какъ

$$\frac{c_1}{c} R = \rho_2 = e + f_0, \text{ гдѣ } R, e \text{ и } f_0 \text{ даны.}$$

Нѣсколько труднѣе опредѣлить всѣ прочія части механизма, такъ какъ задача является неопредѣленною, допускающею множество рѣшеній, потому что размѣры частей зависятъ другъ отъ друга и отъ имѣющагося на паровозѣ мѣста для расположенія ихъ; окончательный выборъ размѣровъ и положенія частей механизма можно сдѣлать только при конструированіи паровоза.

Задавшись наибольшимъ открытіемъ окна для максимальной степени наполненія, подбираемъ остальные главнѣйшія величины: ρ , a и e по уравненію:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c_2}{c} \cdot \frac{c}{\cos \varphi} = \rho_1 = \sqrt{\rho_0^2 - \rho_2^2} = \sqrt{(e + f)^2 - \rho_2^2}.$$

Для руководства при выборѣ величинъ e , i , f_0 и f далѣе будутъ приведены, какъ примѣры, нѣсколько таблицъ хорошо спроектированныхъ парораспределеній.

Окончательное проектированіе парораспределенія дѣлается въ формѣ повѣрки построеніемъ золотниковыхъ эллипсовъ, удовлетворяетъ ли механизмъ при припѣтыхъ размѣрахъ его частей требованіямъ, предъявляемымъ къ хорошо спроектированному парораспределенію. Для этого вычерчиваніемъ схемы механизма въ натуральную величину или по моделямъ механизма или тѣмъ и другимъ способомъ вмѣстѣ находятъ величины отодвиженія золотника отъ средняго положенія для каждой десятой хода поршня.

Золотниковый эллипсъ представляетъ діаграмму отодвиженій золотника отъ его средняго положенія въ зависимости отъ отодвиженія поршня отъ передняго и задняго крайнихъ положеній. По оси абсциссъ откладываются сотыя части хода поршня, обыкновенно 10, 20, 90, 100, по оси ординатъ откладываются въ любомъ масштабѣ (обыкновенно въ натуральную величину) отодвиженія золотника впередъ и назадъ отъ средняго положенія (относительно оси абсциссъ вверхъ и внизъ). Параллельно оси абсциссъ проводятся четыре прямыхъ: двѣ по одну сторону и двѣ по другую сторону оси въ разстояніяхъ равныхъ величинѣ наружной и внутренней перекрышѣ золотника. (см. черт. 18). Пересѣченіе эллипса съ линиями перекрышѣ опредѣляютъ моменты всѣхъ фазъ парораспределенія: точки A и A' — начало впуска пара, B и B' — моменты отсѣчки пара, C и C' — начало выпуска и D и D' — начало сжати́я. Эллипсы, чтобы судить сбъ удовле-

творительности спроектированного механизма, строятся для всѣхъ отсѣчекъ передняго и задняго хода паровоза. По золотниковымъ эллипсамъ составляется таблица парораспределенія.

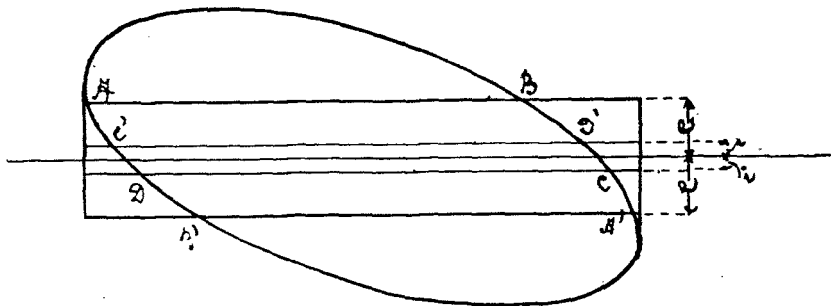
Совершенство парораспределенія характеризуется тѣмъ, насколько полно соблюдены слѣдующія требованія:

1) равенство линейныхъ предвареній впуска для всѣхъ наполненій;

2) равенство моментовъ всѣхъ фазъ парораспределенія для ходовъ поршня впередъ и назадъ;

3) равенство при каждой степени наполненія наибольшихъ открытій оконъ, или наибольшихъ отодвиженій золотника отъ середины для ходовъ поршня впередъ и назадъ.

При соблюденіи этихъ условий эллипсы получаются симметричныя. Для достиженія возможнаго совершенства парораспределенія



Черт. 18.

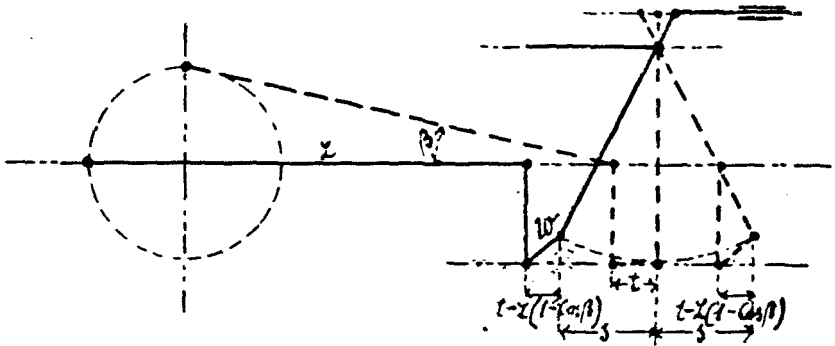
ления механизмъ Гейзвигера фонъ-Вальдеггъ долженъ удовлетворять нѣкоторымъ правиламъ.

1) При положеніи кривошипа въ мертвыхъ точкахъ маятникъ получаетъ наибольшее отодвиженіе точки *W*, кулисса же занимаетъ среднее положеніе, считая по горизонтальнымъ проекціямъ оси камня.

2) При положеніи кривошипа подъ $\angle 90^\circ$ маятникъ становится вертикально, кулисса же получаетъ наибольшія отклоненія.

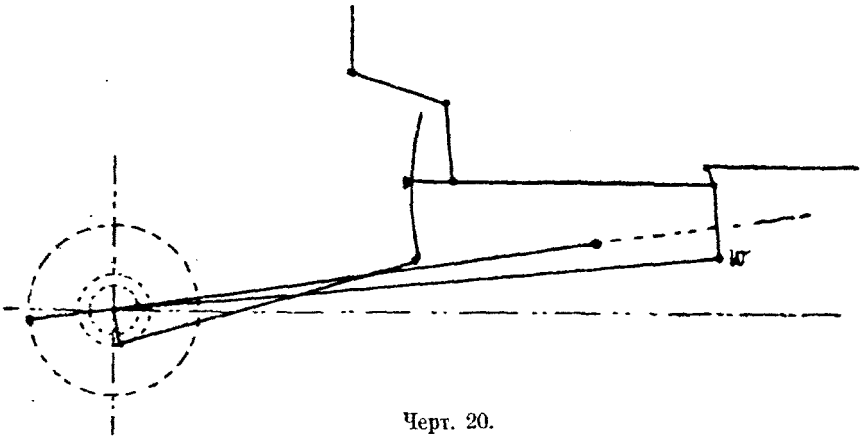
3) Отклоненія *s* нижней точки *W* маятника отъ средняго положенія (при вертикальномъ положеніи) должны быть равны по обѣ стороны отъ середины; это удовлетворится, если выбрать длину *t* поводка *FW* и подвѣску *EF* такъ, чтобы при вертикальномъ положеніи маятника поводокъ *FW* располагался горизонтально и чтобы при крайнихъ отклоненіяхъ маятника

горизонтальные проекции длины t поводка были равны величинѣ $[t - L(1 - \cos \beta)]$ (черт. 19).



Черт. 19.

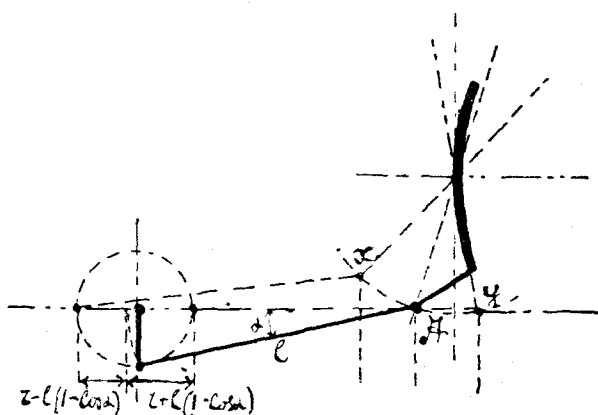
Практически часто не придерживаются этого правила и только берут длину поводка возможно большую, располагая поводокъ при среднемъ положеніи маятника горизонтально. Задача прекрасно рѣшается при соединеніи конца W маятника не съ крѣйц-копфомъ, а съ вривошипомъ по чертежу 20.



Черт. 20.

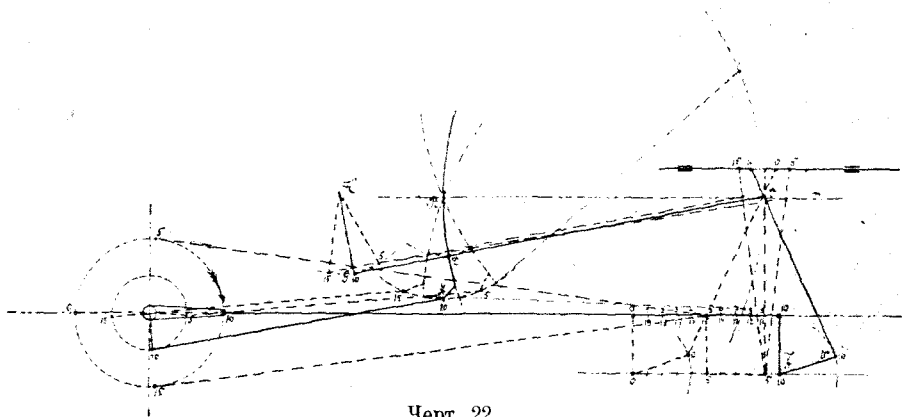
4) Горизонтальные проекции перемѣщений камня взадь и впередъ должны быть равны для движеній кулисы назадъ и впередъ отъ ея средняго положенія; для этого касательная къ оси (дугѣ) кулисы должна при ея среднемъ положеніи быть вертикальной; вредное вліяніе конечности длины эксцентриковой (контреривошипной) тяги парализуется, если выбрать точку A такимъ обра-

зомъ, чтобы горизонтальная проекція дуги Ax была равна $\rho - l(1 - \cos \alpha)$, а дуги Ay была равна $\rho + l(1 - \cos \alpha)$ (черт. 21). Кроме того, какъ уже указывалось, при среднемъ положеніи кулисы OP должно быть перпендикулярно OA .



Черт. 21.

5) Скольженіе камня вдоль оси (дуги) кулисы должно быть минимальнымъ. Для этого точка H подвѣски переводнаго рычага должна двигаться по дугѣ, близко подходящей къ траекторіи, на которой должна располагаться точка H для всѣхъ степеней напол-



Черт. 22.

ненія при условіи, чтобы не было вовсе скольженія камня. Нахожденіе этой идеальной траекторіи производится при повѣркѣ правильности парораспределенія слѣдующимъ построениемъ (см. черт. 22). Ходъ поршня дѣлятъ на десять равныхъ частей; чертятъ дуги радиуса FW для всѣхъ десятыхъ хода поршня; находятъ соответ-

ствуюція положенія пальца кривошипа на окружности радіуса R и положенія пальца контркривошипа на окружности радіуса ρ засѣканіемъ окружности кривошипа длиною шатуна, а окружности контркривошипа длиною контркривошипа; затѣмъ, проведя дугу радіуса BA , подобнымъ образомъ находятъ положенія точки A кулисы. Изъ центра B описываютъ окружность радіуса DV ; на этой окружности лежатъ точки, изъ которыхъ описываются дуги радіуса DV , представляющія положенія кулисы для всѣхъ десятыхъ хода поршня. Въ предположеніи, что скользянія камня нѣтъ, для всѣхъ степеней наполненія строятъ положенія маятника, и золотниковой тяги GV для всѣхъ десятыхъ хода поршня. Засѣчками радіусомъ, равнымъ длинѣ подвѣски GH , находятъ положенія точки H для всѣхъ наполненій, т. е. строятъ искомую траекторію; длина переводнаго рычага и положеніе переводнаго вала выбираются такъ, чтобы дуга, описываемая точкой H , возможно ближе подходила къ идеальной траекторіи.

Кромѣ всѣхъ этихъ условій, необходимо по возможности ослабить отрицательное вліяніе игры рессоръ на правильность парораспределенія; въ этомъ отношеніи желательна большая длина контркривошипной тяги; затѣмъ и вообще благоприятна большая длина всего механизма въ виду возможности дать большой радіусъ кулисы, что для правильности парораспределенія имѣетъ также свое значеніе.

3. Выборъ основныхъ элементовъ парораспределенія: наружной и внутренней перекрышекъ золотника и линейнаго предваренія впуска.

Разсмотримъ теперь основные элементы парораспределенія, которые непосредственно вліяютъ на взаимное соотношеніе фазъ парораспределенія между собой и, вслѣдствіе этого, на форму индикаторной діаграммы; послѣдняя же характеризуетъ степень совершенства использования пара машиной. Предварительно изслѣдуемъ то вліяніе, которое оказываетъ измѣненіе основныхъ элементовъ парораспределенія на различныя его фазы; это изслѣдованіе можно сдѣлать по діаграммѣ Цейнера, и найденные законы одинаковы, конечно, для кулисныхъ механизмовъ всѣхъ системъ. Результаты представлены въ слѣдующей таблицѣ 15.

Показанной въ этой таблицѣ зависимостью между элементами парораспределенія (перекрышами) надо руководствоваться при выборѣ этихъ элементовъ; при этомъ, въ зависимости отъ типа и системы машины, соотношеніе между фазами парораспределенія бе-

рется въ каждомъ частномъ случаѣ различное: напримѣръ, въ одномъ случаѣ можно уменьшить сжатіе за счетъ увеличенія выпуска и уменьшенія расширенія, въ другомъ—надо будетъ поступить наоборотъ, т. е. всегда надо выбирать изъ двухъ золъ меньшее, такъ какъ идеальное парораспрежденіе при кулисныхъ механизмахъ съ однимъ золотникомъ недостижимо.

ТАБЛИЦА 15.

Измѣняемый элементъ.	Способъ измѣненія.	Выпускъ.	Расширеніе		Предвареніе выпуска.		Выпускъ.		Сжатіе.		Предвареніе выпуска.
			$i > 0$	$i < 0$	$i > 0$	$i < 0$	$i > 0$	$i < 0$	$i > 0$	$i < 0$	
Внутр. перекр. ϵ (абсолютная величина).	увелич.	уменьш.	увеличивается	не измѣняется	не измѣняется	увеличивается	уменьш.	увеличивается	уменьш.	увеличивается	уменьш.
	уменьш.	увелич.	уменьшается	не измѣняется	не измѣняется	уменьшается	увелич.	уменьшается	увелич.	уменьшается	увелич.
	увелич.	не измѣняет.	увелич.	уменьш.	уменьш.	увелич.	уменьш.	увелич.	увелич.	уменьш.	не измѣняет.
	уменьш.	не измѣняет.	уменьш.	увелич.	увелич.	уменьш.	увелич.	уменьш.	уменьш.	увелич.	не измѣняет.

При выборѣ основныхъ элементовъ парораспреденія: перекрышъ, линейнаго предваренія и открытія оконъ, надо избѣгать слишкомъ большого хода золотника, чтобы не получить очень большой затраты энергіи на треніе золотника. Но при этомъ нельзя дѣлать ходъ золотника слишкомъ малымъ, дающимъ малое открытіе паровпускныхъ оконъ, что видно изъ уравненія $\rho_0 = e + fm$, гдѣ fm —наибольшее открытіе оконъ. Въ лучшихъ парораспреденіяхъ современныхъ паровозовъ наибольшія открытія оконъ для различныхъ степеней наполненія имѣютъ въ среднемъ слѣдующія величины:

Степень наполненія въ $\% / \%$: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80.

Наиб. открытіе впускн. окна въ мм.: 7, 10, 13, 17, 25, 36, 56.

Выборъ величинъ перекрышъ и линейнаго предваренія выпуска рассмотримъ отдѣльно для различныхъ системъ и типовъ машины паровоза.

Машина простого расширенія.

Пассажирскіе паровозы.

Наружная перекрыша $e =$ отъ 28 до 38 мм.

Внутренняя перекрыша $i = -2, -3$ мм.

Линейное предварение выпуска $f_0 =$ от 4 до 5 мм.

Въ этихъ паровогахъ, работающихъ при высокихъ скоростяхъ и при малыхъ степеняхъ наполненія, особенно желательно надлежащее открытіе паровпускныхъ оконъ и уменьшеніе сжатія пара, такъ какъ при быстро движущемся взадь и впередъ золотникъ паръ при выпускѣ значительно теряетъ свое давленіе, а при выпускѣ испытываетъ подпоръ и большое сжатіе. Благопріятно вліяютъ въ этомъ отношеніи большое линейное предвареніе и большое отрицательное значеніе внутренней перекрыши золотника.

Товарные паровозы.

Наружная перекрыша $e =$ от 25 до 35 мм.

Внутренняя перекрыша $i = 0, -1$ мм.

Линейное предвареніе выпуска $f_0 = 5, 6$ мм.

Въ этихъ паровогахъ, работающихъ при болѣе низкихъ скоростяхъ и при среднихъ степеняхъ наполненія, большое открытіе оконъ, конечно, желательно, но подпора пара и большого его сжатія можно не опасаться и задать внутреннюю перекрышу не болѣе -1 , или 0, или даже положительною небольшою величины, что будетъ способствовать увеличенію расширенія и уменьшенію предваренія выпуска, т. е. дать возможность полнѣе использовать энергію пара.

Наружная перекрыша золотника въ пассажирскихъ паровогахъ, вообще говоря, можетъ дѣлаться болшею, чѣмъ въ товарныхъ въ виду того, что при работѣ главнымъ образомъ на меньшихъ отсѣчкахъ не будетъ слишкомъ значительной затраты работы на треніе золотника, открытіе же окна при малыхъ и среднихъ наполненіяхъ будетъ значительнѣе.

Машина двукратнаго расширенія.

Паровозы компаундъ нормально работаютъ при среднихъ степеняхъ наполненія какъ пассажирскіе, такъ и товарные, съ нѣсколько меньшей отсѣчкой для первыхъ. Связанное выше относительно величины внутренней перекрыши золотника въ пассажирскихъ и товарныхъ паровогахъ остается въ силѣ и здѣсь, но главнымъ образомъ размѣры перекрышъ и линейнаго предваренія въ машинѣ компаундъ зависятъ отъ отношенія объемовъ цилиндровъ низкаго и высокаго давленія и отъ соотношенія между степенями наполненія въ обонхъ цилиндрахъ. Поэтому рассмотримъ размѣры

основныхъ элементовъ парораспределенія, не различая пассажирскихъ и товарныхъ паровозовъ, для слѣдующихъ случаевъ.

1) Отношеніе $m = \frac{v_1}{v}$ объемовъ цилиндровъ низкаго и высокаго давления = отъ 2,0 до 2,25.

а) Парораспределительные механизмы обоихъ цилиндровъ по ихъ главнымъ размерамъ равны между собой.

Въ этомъ случаѣ разницу въ отсѣчкахъ въ обоихъ цилиндрахъ возможно сдѣлать, хотя и въ очень незначительной степени, выборомъ различныхъ величинъ перекрышъ для обоихъ золотниковъ: наружная перекрыша большого золотника должна быть нѣсколько менѣе наружной перекрыши малаго. Такъ какъ при указанныхъ отношеніяхъ объемовъ цилиндровъ и незначительной разницѣ въ отсѣчкахъ индикаторная діаграмма малаго цилиндра бываетъ по площади обыкновенно менѣе діаграммы большого цилиндра, иногда даже въ значительной степени, то вообще, и въ особенности для пассажирскаго паровоза, можно опасаться большого сжатія въ маломъ цилиндрѣ и образованія петли на діаграммѣ. Поэтому внутреннюю перекрышу малаго золотника необходимо дѣлать отрицательною и большой величины. Обыкновенно дѣлается:

Наружная перекрыша:

малаго золотника $e = \text{отъ } 32 \text{ до } 37 \text{ мм.}$

большого золотника $e_1 = \text{отъ } 30 \text{ до } 35 \text{ мм.}$

Внутренняя перекрыша:

малаго золотника $i = - 8 \text{ мм.}$

большого золотника $i_1 = \text{отъ } 0 \text{ до } - 3 \text{ мм.}$

Линейное предвареніе впуска:

въ малый цилиндръ $f_0 = \text{отъ } 3 \text{ до } 4 \text{ мм.}$

въ большой цилиндръ $f_0^1 = \text{отъ } 4 \text{ до } 5 \text{ мм.}$

б) Парораспределительные механизмы обоихъ цилиндровъ допускаютъ большъ значительную разницу въ степеняхъ наполненія обоихъ цилиндровъ.

Размѣры элементовъ могутъ остаться по предыдущему, но использование пара улучшится въ значительной степени (см. главу I). Парораспределеніе же въ случаѣ а) всетаки не вполне удовлетворительно, такъ какъ, хотя и можно разность отсѣчекъ сдѣлать

значительно большую обрѣзкой полей золотниковъ, но при этомъ сейчасъ же ухудшаются всѣ прочія фазы парораспределенія.

2) Отношеніе $m = \frac{v_1}{v} = \text{отъ } 2,5 \text{ до } 2,8.$

Если парораспределительные механизмы обоихъ цилиндровъ типа фонъ-Борриса или независимые между собой, что одинаково приводитъ къ пользованію значительными разницями между степенями наполненія цилиндровъ высокаго и низкаго давления, то использование пара машиной можно считать вполне совершеннымъ. Въ этомъ случаѣ обыкновенно площадь индикаторной діаграммы малаго цилиндра бываетъ значительно болѣе площади діаграммы большаго, принимая ихъ, конечно, приведенными къ одной и той же единицѣ. Чтобы на діаграммѣ большаго цилиндра не получилось петли отъ сжатія, такъ какъ давленіе при впускѣ пара въ этотъ цилиндръ сравнительно незначительное, необходимо внутреннюю перекрышу большаго золотника дѣлать отрицательною и большою величины. Обыкновенно дѣлается:

Наружная перекрыша:

малаго золотника $e = \text{отъ } 22 \text{ до } 27 \text{ мм.}$

большаго золотника $e_1 = \text{отъ } 22 \text{ до } 27 \text{ мм.}$

Внутренняя' перекрыша:

малаго золотника $i = \text{отъ } 0 \text{ до } - 8 \text{ мм.}$

большаго золотника $i_1 = \text{отъ } -3 \text{ до } - 8 \text{ мм.}$

Линейное предвареніе впуска:

въ малый цилиндръ $f_0 = \text{отъ } 5 \text{ до } 7 \text{ мм.}$

въ большаго цилиндра $f_{01} = \text{отъ } 5 \text{ до } 7 \text{ мм.}$

3) Отношеніе $m = \frac{v_1}{v} = \text{отъ } 2,9 \text{ до } 3,0.$

Въ этомъ случаѣ золотниковые элементы могутъ быть одинаковыми съ предыдущими, такъ какъ при самой незначительной разницѣ въ наполненіяхъ при $m = 2,9$ и при полномъ равенствѣ ихъ при $m = 3$ получается благоприятное и аналогичное предыдущему распределеніе работы между обоими цилиндрами; точно такъ же площадь діаграммы большаго цилиндра много менѣе площади діаграммы малаго, почему и въ этомъ случаѣ слѣдуетъ для большаго золотника дѣлать значительную отрицательную внутреннюю перекрышу. Единственными недостатками такого большаго значенія m являются значительная величина діаметра большаго

цилиндра и, слѣдовательно, большой вѣсъ его поршня и большая охлаждающая парь поверхность стѣнокъ цилиндра.

4) Примѣры парораспределеній.

1) *Пассажирскій паровозъ типа 1—3—0 Итальянскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ.* Машина простая сдвоенная съ перебрѣтымъ паромъ (механизмъ по черт. 20).

Наружная перекрыша золотника $e = 28$ мм.

Внутренняя перекрыша золотника $i = - 3$ мм.

Линейное предвареніе впуска $f_0 = 4$ мм.

Ходъ паровоза.	Степень наполненія.	Ходъ поршня.	Въ мм.						Ходъ паровоза.	Степень наполненія.	Ходъ поршня.	Въ мм.										
			Начало расширения въ 0/100.	Конѣцъ расширения въ 0/100.	Начало сжатія въ 0/100.	Конѣцъ сжатія въ 0/100.	Линейн. предв. впуска.	Наибольш. отодвѣж. золотника отъ средн. положенія.				Начало расширения въ 0/100.	Конѣцъ расширения въ 0/100.	Начало сжатія въ 0/100.	Конѣцъ сжатія въ 0/100.	Линейн. предв. впуска.	Наибольш. отодвѣж. золотника отъ средн. положенія.					
В	0,70	впер.	690	880	910	998	4	53,5	П	0,70	впер.	700	880	915	997	4	52,5					
		наз.	715	895	925	999	4	55			наз.	705	885	915	999	4	54					
	0,60	впер.	590	840	880	998	4	46,5		А	0,60	впер.	590	840	872	995	4	45				
		наз.	615	860	900	998	4	47,5				наз.	610	845	887	998	4	46				
	0,50	впер.	490	790	845	995	4	41,5			Д	0,50	впер.	490	800	850	992	4	41			
		наз.	510	810	860	995	4	42					наз.	515	800	855	995	4	41,5			
	0,40	впер.	395	740	805	993	4	38				З	0,40	впер.	390	750	810	990	4	38		
		наз.	405	765	825	993	4	38,5						наз.	420	760	820	993	4	38,5		
	0,30	впер.	300	680	760	989	4	36					Л	0,30	впер.	290	690	765	985	4	36	
		наз.	300	710	780	989	4	36							наз.	315	705	775	990	4	36	
	0,20	впер.	195	620	700	970	4	34						А	0,20	впер.	200	620	700	977	4	34
		наз.	205	635	720	983	4	34								наз.	205	630	715	983	4	34
0,10	впер.	100	515	610	960	4	32,3	П	0,10						впер.	100	515	610	965	4	32,5	
	наз.	105	520	620	963	4	32,5								наз.	110	525	620	955	4	32,5	
0	впер.	60	440	535	925	4	32		Л	0					впер.	70	485	580	940	4	32	
	наз.	60	440	535	930	4	32								наз.	80	490	590	955	4	32	

2) *Пассажирский паровоз типа 2—3—0 Владикавказской и Китайской желѣзныхъ дорогъ.* Машина двухцилиндровая компаундъ; отношеніе объемовъ цилиндровъ $m = 2,25$.

Наружная перекрыша:

малаго золотника $e = 37$ мм.

большого золотника $e_1 = 35$ мм.

Внутренняя перекрыша:

малаго золотника $i = 8$ мм.

большого золотника $i_1 = 3$ мм.

Малый цилиндръ.

Большой цилиндръ.

Ходъ паровоза.		Малый цилиндръ.										Ходъ паровоза.		Большой цилиндръ.																					
Степень наполненія.		Ходъ поршня.		Начало расширенія въ 0/100.		Концецъ расширенія въ 0/100.		Начало сжатія въ 0/100.		Концецъ сжатія въ 0/100.		Въ мм. Наибольшее отодвѣженіе золотника отъ средняго положенія.		Соотвѣствешал степень наполненія.		Ходъ поршня.		Начало расширенія въ 0/100.		Концецъ расширенія въ 0/100.		Начало сжатія въ 0/100.		Концецъ сжатія въ 0/100.		Въ мм. Наибольшее отодвѣженіе золотника отъ средняго положенія.									
Т.	0,77	впер. наз.	760	897	950	999	3	82	Т.	0,82	впер. наз.	814	935	951	998	5	91	Т.	0,77	впер. наз.	772	917	947	998	5	81,5	Т.	0,69	впер. наз.	695	833	913	998	5	69,2
			780	909	957	999	3	82				826	939	966	999	5	88				777	922	942	999	5	77,7				694	887	916	998	5	65,7
Д.	0,70	вспр. наз.	701	869	937	999	3	72	Д.	0,77	вспр. наз.	772	917	947	998	5	81,5	Д.	0,69	вспр. наз.	777	922	942	999	5	77,7	Д.	0,61	вспр. наз.	619	850	884	997	5	60,5
			715	879	940	999	3	72				777	922	942	999	5	77,7				619	850	884	997	5	60,5				613	855	889	998	5	59,2
Е.	0,60	впер. наз.	600	815	909	999	3	60,5	Е.	0,69	впер. наз.	695	833	913	998	5	69,2	Е.	0,61	впер. наз.	694	887	916	998	5	65,7	Е.	0,54	впер. наз.	543	813	855	997	5	54,2
			610	830	917	999	3	61				694	887	916	998	5	65,7				543	813	855	997	5	54,2				537	818	857	996	5	53,7
Р.	0,50	впер. наз.	500	762	875	999	3	53,5	Р.	0,61	впер. наз.	619	850	884	997	5	60,5	Р.	0,54	впер. наз.	537	818	857	996	5	53,7	Р.	0,46	впер. наз.	462	772	820	995	5	50,2
			502	780	889	998	3	54				613	855	889	998	5	59,2				537	818	857	996	5	53,7				457	782	830	996	5	49,7
Е.	0,40	впер. наз.	400	710	840	998	3	48,5	Е.	0,54	впер. наз.	543	813	855	997	5	54,2	Е.	0,46	впер. наз.	462	772	820	995	5	50,2	Е.	0,37	впер. наз.	377	730	782	993	5	46,5
			404	728	860	998	3	49				543	813	857	996	5	53,7				462	772	820	995	5	50,2				377	730	782	993	5	46,5
Ц.	0,30	впер. наз.	295	652	800	996	3	45	Ц.	0,46	впер. наз.	462	772	820	995	5	50,2	Ц.	0,37	впер. наз.	377	730	782	993	5	46,5	Ц.	0,37	впер. наз.	377	730	782	993	5	46,5
			304	678	822	996	3	45				457	782	830	996	5	49,7				377	730	782	993	5	46,5				377	730	782	993	5	46,5
В.	0,20	впер. наз.	207	603	765	994	3	44	В.	0,37	впер. наз.	377	730	782	993	5	46,5	В.	0,37	впер. наз.	377	730	782	993	5	46,5	В.	0,37	впер. наз.	377	730	782	993	5	46,5
			235	627	792	994	3	44				377	740	796	992	5	45,5				377	740	796	992	5	45,5				377	740	796	992	5	45,5
Т.	0,20	впер. наз.	198	600	730	995	3	44	Т.	0,16	впер. наз.	155	580	657	979	5	41,2	Т.	0,25	впер. наз.	230	650	714	987	5	43	Т.	0,34	впер. наз.	322	714	763	992	5	45,7
			233	650	820	993	3	44				176	618	692	977	5	40,2				230	650	714	987	5	43				322	714	763	992	5	45,7
Д.	0,30	впер. наз.	290	668	820	998	3	45	Д.	0,25	впер. наз.	267	688	749	985	5	43,2	Д.	0,34	впер. наз.	358	742	797	991	5	45,5	Д.	0,44	впер. наз.	433	765	815	994	5	48,5
			330	710	842	997	3	46,5				267	688	749	985	5	43,2				358	742	797	991	5	45,5				433	765	815	994	5	48,5
А.	0,40	впер. наз.	400	724	852	998	3	48,5	А.	0,34	впер. наз.	322	714	763	992	5	45,7	А.	0,44	впер. наз.	433	765	815	994	5	48,5	А.	0,55	впер. наз.	550	814	856	997	5	53,2
			433	753	870	997	3	49				322	714	763	992	5	45,7				433	765	815	994	5	48,5				550	814	856	997	5	53,2
З.	0,50	впер. наз.	498	771	880	998	3	52,5	З.	0,44	впер. наз.	433	765	815	994	5	48,5	З.	0,55	впер. наз.	550	814	856	997	5	53,2	З.	0,66	впер. наз.	666	864	895	997	5	60,2
			522	793	890	998	3	53				433	765	815	994	5	48,5				550	814	856	997	5	53,2				666	864	895	997	5	60,2
А.	0,60	впер. наз.	608	817	904	999	3	58	А.	0,55	впер. наз.	550	814	856	997	5	53,2	А.	0,66	впер. наз.	666	864	895	997	5	60,2	А.	0,76	впер. наз.	777	912	943	998	5	80,5
			609	831	913	998	3	59				550	814	856	997	5	53,2				666	864	895	997	5	60,2				777	912	943	998	5	80,5
0,70	впер. наз.	704	801	930	999	3	67	0,76	впер. наз.	777	912	943	998	5	80,5	0,76	впер. наз.	777	912	943	998	5	80,5												
		691	865	932	999	3	65,5			777	912	943	998	5	80,5			777	912	943	998	5	80,5												
0,79	впер. наз.	800	905	955	999	3	89	0,76	впер. наз.	777	912	943	998	5	80,5	0,76	впер. наз.	777	912	943	998	5	80,5												
		770	901	953	999	3	77			777	912	943	998	5	80,5			777	912	943	998	5	80,5												

3) *Пассажирский паровоз типа 2—3—1 желѣзной дороги „Ouest“.* Машина четырехцилиндровая типа De-Glehn. Отношение объемовъ цилиндровъ $m = 2,72$. Парораспределительные механизмы большихъ и малыхъ цилиндровъ независимы другъ отъ друга.

Наружная перекрыша:

малаго золотника $e = 22$ мм.

большого золотника $e_1 = 22$ мм.

Внутренняя перекрыша:

малаго золотника $i = 8$ мм.

большого золотника $i_1 = 8$ мм.

Малый цилиндръ.

Большой цилиндръ.

Ходъ паровоза.		Степень наполнения.	Ходъ поршня.	Начало расширения въ $\frac{0}{100}$.	Конечъ расширения въ $\frac{0}{100}$.	Начало сжатія въ $\frac{0}{100}$.	Конечъ сжатія въ $\frac{0}{100}$.	Въ мм.		Ходъ паровоза.	Степень наполнения	Ходъ поршня.	Начало расширения въ $\frac{0}{100}$.	Конечъ расширения въ $\frac{0}{100}$.	Начало сжатія въ $\frac{0}{100}$.	Конечъ сжатія въ $\frac{0}{100}$.	Въ мм.							
								Линей. предв. впуска.	Наибольшее отодви- жение золотника отъ средняго положенія.								Линей. предв. впуска.	Наибольшее отодви- жение золотника отъ средняго положенія.						
В	max.	впер. наз.	880	935	982	997	6	79,5	max.	впер. наз.	880	930	980	997	6	74,5	max.	впер. наз.	880	935	980	997	6	72
			890	945	985	997	6	73,5			880	935	980	997	6	72								
	0,80	впер. наз.	790	880	960	997	6	58,5	0,80	впер. наз.	800	890	960	996	6	59,5	0,80	впер. наз.	800	890	965	996	6	55
			810	900	965	995	6	54			800	890	965	996	6	55								
	0,70	впер. наз.	690	820	930	990	6	47	0,70	впер. наз.	700	825	935	992	6	47	0,70	впер. наз.	700	835	940	995	6	45
			710	845	945	995	6	45			700	835	940	995	6	45								
	0,60	впер. наз.	600	770	915	990	6	41	0,60	впер. наз.	600	765	905	990	6	40,6	0,60	впер. наз.	600	775	915	992	6	38
			600	780	920	992	6	37,5			600	775	915	992	6	38								
	0,50	впер. наз.	500	700	870	980	6	36	0,50	впер. наз.	500	700	870	982	6	35	0,50	впер. наз.	500	710	880	985	6	34,5
			510	720	890	987	6	34,5			500	710	880	985	6	34,5								
	0,40	впер. наз.	405	640	845	985	6	32,5	0,40	впер. наз.	400	630	835	975	6	32,5	0,40	впер. наз.	400	650	850	980	6	31,5
			395	655	860	980	6	31			400	650	850	980	6	31,5								
0,30	впер. наз.	305	575	800	970	6	31	0,30	впер. наз.	300	560	790	960	6	30,5	0,30	впер. наз.	300	580	810	970	6	29,5	
		295	570	820	965	6	29,5			300	580	810	970	6	29,5									
0,20	впер. наз.	205	495	745	955	6	29	0,20	впер. наз.	200	465	725	940	6	29,2	0,20	впер. наз.	200	500	755	950	6	28,7	
		195	490	760	950	6	28,5			200	500	755	950	6	28,7									
0	впер. наз.	110	360	640	890	6	28	0	впер. наз.	110	360	640	890	6	28	0	впер. наз.	110	360	640	890	6	28	
		110	360	640	890	6	28			110	360	640	890	6	28									
И	0,30	впер. наз.	300	570	810	970	6	30,5	0,30	впер. наз.	270	520	765	960	6	30,5	0,30	впер. наз.	330	590	830	970	6	32
			300	570	810	970	6	31,5			330	590	830	970	6	32								
	0,50	впер. наз.	480	690	870	980	6	36	0,50	впер. наз.	460	675	905	985	6	35,5	0,50	впер. наз.	540	750	905	990	6	36
			510	730	900	987	6	34,5			540	750	905	990	6	36								
	0,70	впер. наз.	680	810	930	992	6	46	0,70	впер. наз.	665	805	930	995	6	44,5	0,70	впер. наз.	735	860	955	995	6	46
			720	850	950	995	6	44			735	860	955	995	6	46								
	max.	впер. наз.	850	920	975	997	6	73	max.	впер. наз.	870	930	980	997	6	73	max.	впер. наз.	910	950	980	997	6	79
			900	950	990	997	6	75			910	950	980	997	6	79								

4. *Пассажирскій паровозъ типа 2—3—1 Баденскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ.* Машина четырехцилиндровая типа Gölsdorf. Отношение объемовъ цилиндровъ $m = 2,55$. Пароперегрѣватель В. Шмидта.

Наружная перекрыша:

малаго золотника $e = 37$ мм.

большого золотника $e_1 = 37$ мм.

Внутренняя перекрыша:

малаго золотника $i = - 4$ мм.

большого золотника $i_1 = 0$ мм.

Малый цилиндръ.

Большой цилиндръ.

В	П	Е	Р	Е	Д	Ъ.	Ходъ паровоза.							Ходъ паровоза.						
							Степень наполненія.	Ходъ поршня.	Начало расширения въ 0/100.	Конѣцъ расширения въ 0/100.	Начало сжатія въ 0/100.	Конѣцъ сжатія въ 0/100.	Линейн. предѣл. впуска	Наибольшее отодвѣженіе золотника отъ средняго положенія.	Степень наполненія.	Ходъ поршня.	Начало расширения въ 0/100.	Конѣцъ расширения въ 0/100.	Начало сжатія въ 0/100.	Конѣцъ сжатія въ 0/100.
0,29	впер.	наз.	295	605	700	987	9	41	295	710	710	975	6	40	285	715	715	987	6	41
0,53	впер.	наз.	510	760	830	995	9	49,5	540	825	825	985	6	48,5	525	830	830	995	6	49,5
0,70	впер.	наз.	680	850	895	998	9	62,5	680	880	880	995	6	60	700	905	905	998	6	62,5
0,81	впер.	наз.	805	915	945	999	9	84	810	935	935	999	6	79	820	940	940	999	6	84

ГЛАВА IV.

Опредѣленіе главныхъ размѣровъ котла.

Опредѣливъ главные размѣры машины проектируемаго паровоза и расходъ пара ею при заданныхъ условіяхъ, переходимъ къ опредѣленію главныхъ размѣровъ котла. Первымъ вопросомъ при этомъ является, какое количество топлива необходимо сжечь для полученія потребнаго количества пара. Для различныхъ родовъ топлива это количество будетъ разное, такъ какъ теплопроизводительная способность ихъ не одинакова. Котель же долженъ быть такъ спроектированъ, чтобы на единицу вѣса даннаго топлива получалось наибольшее возможное количество пара. Когда желѣзная дорога придерживается всегда одного и того же рода топлива, ея паровозы могутъ быть спроектированы въ соотвѣтствіи со свойствами топлива; въ противномъ случаѣ сжиганіе различныхъ родовъ топлива въ паровозахъ будетъ всегда совершаться съ нѣкоторыми дефектами; кромѣ того, переходъ съ одного рода топлива на другой часто сопровождается и нѣкоторыми передѣлками въ паровозѣ.

1. Топливо.

Паровозы отапливаются почти всѣми видами топлива, но наиболѣе употребительны слѣдующіе:

Каменный уголь. Это наиболѣе распространенное топливо для паровозовъ всего свѣта. Имѣется большое разнообразіе его видовъ и сортовъ. По составу и величинѣ кусковъ уголь дѣлится на:

антрацитъ, содержащій отъ 4 до 8% летучихъ веществъ;

тощій уголь, содержащій отъ 8 до 15% летучихъ веществъ и дающій рассыпчатый коксъ;

полужирный уголь, содержащій отъ 15 до 20% летучихъ веществъ и дающій твердый, частью сплавившійся коксъ;

жирный уголь, содержащій отъ 20 до 30% летучихъ веществъ и дающій сплавленный коксъ;

сухой длиннопламенный уголь, содержащій отъ 30 до 40% летучихъ веществъ.

Хоропій уголь для паровозовъ долженъ спекаться въ огнѣ отдѣльными кусками, не шлакуясь и не заливая промежутковъ для прохода воздуха между колосниками; онъ не долженъ быть ни слишкомъ клейкимъ, ни слишкомъ легкимъ. Этимъ требованіямъ лучше всего удовлетворяетъ полужирный уголь.

По размѣру отдѣльныхъ кусковъ уголь дѣлится на слѣдующіе сорта:

крупный въ большихъ кускахъ; золы отъ 6 до 12%;

смѣшанный, содержащій 30—40% большихъ кусковъ;

угольная мелочь—золы отъ 10 до 20%;

брикетъ изъ угольной мелочи—золы отъ 6 до 12%.

Для паровозовъ, главнымъ образомъ, употребляется или смѣшанный уголь, или смѣсь крупнаго съ мелочью, или смѣсь брикета съ мелочью.

Уголь заключаетъ въ себѣ углеродъ, золу и летучія вещества: углеводороды, пары воды, кислородъ, азотъ и сѣру. Теплопроизводительная способность зависитъ отъ процентнаго содержанія углерода C и водорода H и можетъ быть опредѣлена по формулѣ $Q = 8080C + 34500H$. Эта формула даетъ результаты очень близкіе къ полученнымъ изъ опытовъ: для полужирныхъ углей—немного низше, для углей, содержащихъ много летучихъ веществъ—немного преувеличенныя.

Для примѣра укажемъ теплопроизводительную способность русскихъ углей:

сухіе длиннопламенные угли (польскіе)— $Q =$ отъ 6000 до 7000 ед. теплоты;

жирные спекающіеся угли (Сѣверная часть Донецкаго бассейна)— $Q =$ отъ 7100 до 7750 ед. теплоты;

жирные спекающіеся угли (Юго-западная часть Донецкаго бассейна)— $Q =$ отъ 7700 до 8040 ед. теплоты;

антрациты (Восточная часть Донецкаго бассейна)— $Q =$ отъ 7500 до 7630 ед. теплоты;

полужирные угли— $Q =$ отъ 7950 до 8180 ед. теплоты.

Въ среднемъ можно считать $Q = 7700$ ед. теплоты.

Дерево, какъ топливо для паровозовъ, еще въ большомъ распространеніи въ Россіи. Изъ древесныхъ породъ на дрова для этой цѣли идутъ береза, сосна, ольха. Теплопроизводительная способность зависитъ отъ сухости дерева:

для свѣжаго сырого дерева— $Q =$ около 2840 ед. теплоты.

для лежавшаго на воздухѣ 1—2 лѣтъ— $Q =$ около 3700 ед. т.

Въ среднемъ можно считать $Q = 3000$ ед. теплоты.
Дерево даетъ отъ 1 до 5⁰/₀ золы.

Нефть и нефтяные остатки. Въ Россіи для паровозовъ вообще пользуются нефтяными остатками. Кромѣ Россіи нефтяное отопленіе распространено въ Сѣверной Америкѣ, Англии и Австріи; въ послѣднихъ странахъ примѣняется смѣшанное отопленіе нефтью и углемъ. Нефть и нефтяные остатки имѣютъ теплопроизводительную способность $Q =$ отъ 11700 до 10700 ед. теплоты; низшая цифра для нефтяныхъ остатковъ. Въ среднемъ $Q = 11.000$ ед. теплоты въ 1 klg.

Это жидкое топливо впрыскивается особыми пульверизаторами (форсунками) подъ сводъ топки вмѣстѣ съ необходимымъ для сгорания количествомъ воздуха.

2. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла.

При сжиганіи топлива въ паровозѣ происходятъ большія потери его тепла и водѣ передается только часть всей теплоты. Напримѣръ, теплопроизводительная способность полужирнаго угля, содержащаго только 10⁰/₀ золы, равна 8000 ед. теплоты; чтобы обратить въ паръ при давленіи 15 атмосферъ 1 килограммъ воды при температурѣ 10⁰ надо сообщить ему 656 калорій; если бы утилизовалась вся теплота угля, то обратилось бы въ паръ $\frac{8.000}{656} = 12,2$ klg. воды; въ дѣйствительности далеко не то: получается только отъ 6 до 8 klg. пара. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла паровоза, какъ видно, не болѣе 0,75, а часто и 0,50.

Потеря теплоты при сжиганіи топлива складывается изъ нѣсколькихъ частныхъ потерь, зависящихъ отъ слѣдующихъ причинъ:

1) *Неполное сгораніе летучихъ веществъ.* Эта причина очень измѣнчива: въ хорошо спроектированныхъ топкахъ и при надлежащемъ веденіи огня потеря тепла можетъ быть незначительна; при неблагоприятныхъ условіяхъ, напримѣръ, форсированіи огня, она можетъ достигнуть высокихъ цифръ.

2) *Несовершенное сгораніе топлива и увлеченіе его вмѣстѣ съ газами въ дымовую камеру.* При этомъ количество угольковъ съ пепломъ въ дымовой коробѣ можетъ достигать 10⁰/₀ сожженного топлива.

3) *Проваливаніе угля черезъ колосниковую рѣшетку въ зольникъ.* Эта потеря зависитъ отъ сорта угля и величины промежутковъ между колосниками. Напримѣръ, по однимъ опытамъ въ Америкѣ съ полужирнымъ углемъ эта потеря достигала 8⁰/₀ количества

сожженного топлива, хотя это, кажется, слишком высокая цифра.

4) Лучеиспускание в зольникъ. Эта потеря вообще незначительна.

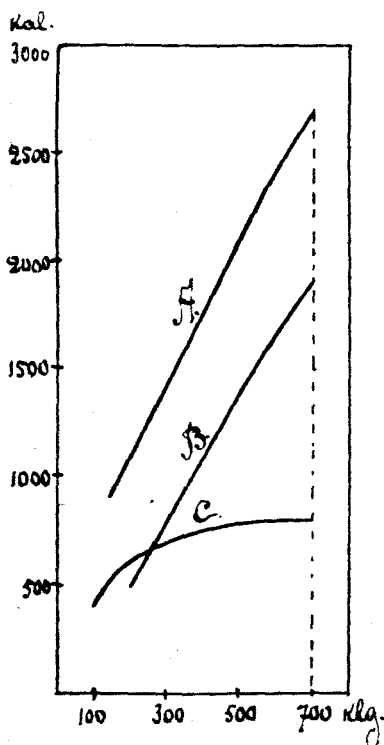
5) Чрезмѣрное количество воздуха, притекающаго в точку для сгорания топлива. На нагреваніе избытка воздуха тратится часть развитаго топливомъ тепла. Недостатокъ же воздуха также влечетъ за собой потерю отъ несовершеннаго сгорания. Для угля, обыкновенно употребляемаго для паровозовъ, минимальное теоретическое количество воздуха на 1 klg. топлива равно 12 klg.; въ дѣйствительности для обезпеченія полнаго сгорания топлива въ паровозной топкѣ бываетъ необходимо излишекъ воздуха въ 25—30% отъ этого теоретическаго количества, т.-е. требуется отъ 15 до 16 klg. воздуха на 1 klg. угля.

6) Недостаточное охлажденіе газовъ, прошедшихъ черезъ дымогарныя трубки и выходящихъ въ дымовую коробку съ довольно возвышенной температурой, слишкомъ сильно отличающейся отъ температуры воды въ котлѣ. Эта потеря зависитъ отъ устройства котла.

7) Вышнее охлажденіе котла. Эта потеря зависитъ отъ изолирующаго слоя, покрывающаго котель, и отъ температуры воздуха.

Разсмотримъ условія, которымъ необходимо удовлетворить для достиженія возможно наивысшаго коэффициента полезнаго дѣйствія котла. Главнѣйшимъ обстоятельствомъ является интенсивность сжиганія топлива на колосниковой рѣшеткѣ: при нормальной работѣ паровоза на одномъ квадратномъ метрѣ площади колосниковой рѣшетки экономично сжигается не болѣе 500 klg. угля въ часъ. При этомъ вакуумъ въ дымовой коробкѣ бываетъ отъ 100 до 200 мм. водяного столба. Во время опытовъ съ паровозами на испытательной станціи на выставкѣ въ Saint-Louis въ 1904 г. удавалось въ теченіе $1\frac{3}{4}$ часа поднимать часовой расходъ угля до 600 и даже 660 klg. съ 1 квадратнаго метра площади колосниковой рѣшетки. Конечно, вакуумъ въ этихъ случаяхъ приходится сильно поднимать. Парообразование усиливается, но коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла сильно падаетъ влѣдствіе того, что дымогарныя газы, проходя дымогарныя трубки съ болѣею скоростью, не охлаждаются въ достаточной степени и вылетаютъ въ трубу, имѣя еще достаточный запасъ теплоты; кромя того, при отопленіи мелкимъ легкимъ углемъ значительное количество его летитъ, не сгорая, въ дымовую коробку и трубу. Но вмѣстѣ съ тѣмъ не выгодно и слишкомъ понижать количество топлива, сжигаемаго на единицу площади рѣшетки, такъ какъ въ этомъ

случаѣ площадь рѣшетки должна быть слишкомъ велика; громѣ того, но опытамъ въ Saint-Louis оказалось, что съ пониженіемъ интенсивности сжиганія топлива на рѣшеткѣ увеличивается относительно потеря тепла лучеиспусканіемъ. Теплота, освобождающаяся изъ топлива производитъ парообразование въ котлѣ двоякимъ образомъ: передаетъ теплоту продуктовъ сгорания чрезъ стѣнки котла соприкосновеніемъ съ ними и нагреваетъ стѣнки топки непосредственно лучеиспусканіемъ; температура газовъ въ топкѣ бываетъ отъ 1.100 до 1.300° и была бы выше, если бы часть теплоты не



Черт. 23.

была бы въ формѣ лучистой. На диаграммѣ чертежа 23 представлены результаты опытовъ въ Saint-Louis: по оси абсцисс отложены вѣса угля, сжигаемаго на 1 кв. метрѣ колосниковой рѣшетки въ часъ; кривая А представляетъ количество теплоты, использованной для парообразования; кривая В представляетъ количество теплоты, переданной водѣ при прохождѣ газовъ изъ топки въ дымовую коробку; кривая С получена какъ разность кривыхъ А и В и представляетъ количество лучистой теплоты, полученной въ топкѣ. При слабомъ расходѣ топлива на единицѣ площади рѣшетки—при 200 klg. угля на 1 кв. метрѣ—количество лучистой теплоты равно количеству теплоты, переданному чрезъ соприкосновеніе газовъ со стѣнками котла; затѣмъ при повышеніи интенсивности горѣнія количество лучистой

теплоты относительно уменьшается и при сжиганіи 500 klg. угля на 1 кв. метрѣ рѣшетки дѣлается равнымъ почти половинѣ количества, переданнаго газами. Въ слѣдующихъ таблицахъ даны результаты опытовъ надъ паровозами, производившихся на выставкѣ въ Saint-Louis въ 1904 году. Употреблявшійся для отопленія паровозовъ во время опытовъ уголь имѣлъ въ среднемъ теплопроизводительную способность въ 8.350 калорій.

ТАБЛИЦА 16.

Паровозъ №1499 Pennsylvania Railroad, типа 1-4-0. Котловое давление $p=13,0$ атмосферъ, площадь колосниковой рѣшетки $R=4,57$ м², полная поверхность нагрѣва $H=230,60$ м², отно-
шеніе $\frac{H}{R}=50,44$. (Табл. А. № 69).

№ ОНЫТА.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Количество (kg.) угля, сжигаемаго въ часъ на 1 м ² площади колосн. рѣшетки.	Вакуумъ въ ды-мопой коробѣ въ мм. водяного столба.	Парообразование съ 1 м ² поверх-ности нагрѣва въ kg.	Парообразова-тельная способ-ность угля.	Коэффициентъ колеснаго дѣй-ствия котла.
110	40,3	115	—	25,29	11,53	78,93
111	40,4	136	—	30,22	11,24	77,45
103	92,7	208	53	40,48	9,85	67,25
109	81,6	208	—	36,13	8,78	59,92
112	79,7	275	64	44,92	8,25	55,94
118	80,7	342	91	55,27	8,15	53,15
108	79,7	391	123	52,88	6,83	47,88
116	120,1	349	94	54,78	7,92	55,57
115	120,6	401	118	58,79	7,40	50,59
102	160,3	325	75	48,00	7,46	48,40
105	157,6	380	91	54,10	7,19	47,04
113	158,7	397	94	55,91	7,11	48,19
106	160,9	459	100	60,89	6,69	45,47
117	160,6	413	108	60,50	7,39	48,69
101	160,5	422	107	55,47	6,63	45,37
104	160,8	385	103	55,91	7,32	50,51
114	160,8	370	91	56,20	7,68	50,42

ТАБЛИЦА 17.

Паровозъ № 734 Lake Shore and Michigan Southern Ry, типа 1-4-0. Котловое давление $p=12,7$ атм., площадь колосниковой рѣшетки $R=8,14$ м², полная поверхность нагрева $H=236,08$ м², отношение $\frac{H}{R}=75,27$. (Табл. А № 70).

№ опыта.	Число оборотов колесъ въ минуту.	Количество (kg) угля, сжигаемаго въ часъ на 1 м ² площади колос. рѣшетки.	Вакуумъ въ дымовой коробѣ въ мм. водяного столба.	Парообразование съ 1 м ² поверхности нагрева въ kg.	Парообразовательная способность угля.	Кoeffициентъ полезнаго дѣйствія котла.
201	40,3	160	35	21,39	10,0	65,20
202	40,5	204	60	29,15	10,7	71,34
203	40,1	293	78	35,74	9,2	58,57
204	80,0	645	145	54,73	6,3	41,53
205	80,5	257	74	32,42	9,5	61,53
206	80,1	394	105	45,31	8,6	56,32
208	80,0	600	149	56,59	7,1	46,28
209	159,3	496	124	51,46	7,7	50,90
210	159,9	592	135	55,17	7,0	45,74
211	160,0	731	146	60,25	6,2	40,23
212	160,3	678	150	58,84	6,5	41,81
213	160,4	651	149	57,08	6,6	42,62
214	39,6	—	—	—	—	—
215	80,1	—	—	—	—	—
216	79,5	—	—	—	—	—
217	159,2	574	133	56,10	7,3	48,37
218	160,1	651	139	56,39	6,5	42,55
219	158,8	494	128	55,12	7,0	45,03
220	160,0	571	136	54,34	7,2	45,52
221	118,9	—	163	—	—	—
222	119,4	—	190	—	—	—

ТАБЛИЦА 18.

Паровозъ № 585 Michigan Central Ry, типа 1-4-0. Котловое давление $p=13,3$ атмосф., площадь колосниковой рѣшетки $R=4,59$ м², полная поверхность нагрѣва $H=261,9$ м², отношение $\frac{H}{K}=57,03$. (Табл. А. № 71).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Количество (kg.) угля, сжигаемаго въ часъ на 1 м ² площади колосн. рѣшетки.	Вакуумъ въ дымовой коробкѣ въ мм. водяного столба.	Парообразование съ 1 м ² поверхности нагрѣва въ kg.	Парообразовательная способность угля.	Коэффициентъ полезнаго дѣлства котла.
301	40,0	102	17	19,38	10,89	70,34
302	40,0	100	19	20,75	11,82	76,88
303	40,0	106	22	23,31	12,01	78,42
305	80,0	175	50	35,01	11,41	74,16
306	80,0	166	36	31,49	10,80	70,29
308	80,0	206	60	38,91	10,77	68,96
309	80,0	253	81	44,19	9,97	64,18
311	117,9	—	71	—	—	—
312	160,0	265	70	43,41	9,24	60,41
313	160,0	273	93	47,75	9,97	64,32
316	160,0	383	128	51,41	7,66	49,81
317	160,0	242	71	42,48	10,04	64,62
318	160,0	270	86	46,53	9,81	63,21
319	160,0	261	90	47,41	10,38	67,33

ТАБЛИЦА 19.

Паровозъ № 929 Atchison, Topeka and Santa Fe Railway, типа 1-5-1. Котловое давление $p=14,3$ атм., площадь колосниковой рѣшетки $R=5,42$ м², полная поверхность нагрѣва $H=400,05$ м², отношение $\frac{H}{K}=73,73$. (Табл. А. № 78).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Количество (kg.) угля, сжигаемаго въ часъ на 1 м ² площади колосн. рѣшетки.	Вакуумъ въ дымовой коробкѣ въ мм. водяного столба.	Парообразование съ 1 м ² поверхности нагрѣва въ kg.	Парообразовательная способность угля.	Коэффициентъ полезнаго дѣлства котла.
401	40,0	93	13	14,65	11,63	74,31
402	40,0	123	16	17,82	10,72	69,23
403	40,0	146	23	20,70	10,43	66,82
405	80,0	140	27	20,90	11,05	71,75
407	80,0	222	58	31,64	10,52	67,80
408	81,3	360	93	41,75	8,56	54,69
410	60,0	120	18	18,55	11,38	74,62
411	60,0	162	50	22,90	10,44	67,24
412	60,6	200	41	27,00	10,00	63,55

ТАБЛИЦА 20.

Паровозъ № 2512 Pennsylvania Railroad, типа 2-2-1. Котловое давление $p=14,3$ атм., площадь колосниковой рѣшетки $R=3,10$ м², полная поверхность нагрѣва $H=246,78$ м², отношение $\frac{H}{R}=79,56$. (Табл. А. № 12).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Количество (kg.) угля, сжигаемаго въ часъ на 1 м ² площади колосн. рѣшетки.	Вакуумъ въ дымовой коробѣ въ мм. водяного столба.	Парообразованіе съ 1 м ² поверхности нагрѣва въ kg.	Парообразовательная способность угля.	Коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла.
501	80	101	8	15,48	12,19	78,55
502	80	147	23	21,29	11,53	74,88
505	160	170	35	24,07	11,31	73,29
506	160	184	21	25,39	10,97	70,68
507	160	329	61	36,91	8,94	56,87
508	160	445	90	44,14	7,90	51,35
510	240	258	42	29,93	9,24	59,93
511	240	350	80	34,81	7,90	51,35
512	240	387	90	40,62	8,36	55,99
513	280	424	83	43,11	8,10	51,48

ТАБЛИЦА 21.

Паровозъ № 535 Atchison, Topeka and Santa Fe Railway, типа 2-2-1. Котловое давление $p=14,0$ атм., площадь колосниковой рѣшетки $R=4,49$ м², полная поверхность нагрѣва $H=269,6$ м², отношение $\frac{H}{R}=60,01$. (Табл. А. № 13).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Количество (kg.) угля, сжигаемаго въ часъ на 1 м ² площади колосн. рѣшетки.	Вакуумъ въ дымовой коробѣ въ мм. водяного столба.	Парообразованіе съ 1 м ² поверхности нагрѣва въ kg.	Парообразовательная способность угля.	Коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла.
601	80	88	21	17,92	12,47	78,43
602	80	118	30	21,87	11,13	71,06
603	80	139	38	26,32	11,13	73,65
604	80	208	67	34,86	10,06	64,50
605	160	208	58	37,55	10,28	66,16
606	160	250	72	41,89	10,09	64,99
607	160	329	115	52,00	9,49	62,48
609	239,9	450	142	58,35	7,79	50,12
610	240	590	185	66,50	6,78	44,05
611	240	576	167	68,69	7,19	46,05
613	280	516	142	63,03	7,34	47,27

ТАБЛИЦА 22.

Паровозъ № 628 Прусскихъ казенныхъ желѣзныхъ до-
рогъ. Котловое давленіе $p=13$ атм., площадь колосниковой
рѣшетки $R=2,7$ м², полная поверхность нагрѣва (включая
поверхность пароперегрѣвателя) $H=162,86$ м², отношеніе

$$\frac{H}{R} = 60,33. \text{ (Табл. А. № 6).}$$

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Количество (kg.) угля, сжигаемаго въ часъ на 1 м ² площади колосн. рѣшетки.	Вакуумъ въ ды-мовой коробѣ въ мм. водяного столба.	Парообразованіе съ 1 м ² поверх-ности нагрѣва въ kg.	Парообразова-тельная способ-ность угля.	Коэффициентъ полезнаго дѣй-ствия котла.	Температура перегрѣва ° С.
701	80	167	22	26,61	9,57	61,22	306
702	80	203	33	33,45	9,95	63,30	323
705	160	256	43	41,05	9,68	62,03	317
706	160,1	308	56	46,48	9,11	58,28	317
707	160	450	75	55,12	7,39	47,33	309
708	160	446	91	54,93	7,49	48,22	320
709	240	267	43	40,72	9,18	59,49	316
710	239,4	364	55	46,43	7,70	49,22	313
711	240	589	94	58,01	5,91	39,55	320
712	280,3	424	89	55,47	7,89	50,73	311

ТАБЛИЦА 23.

Паровозъ № 3000 New York Central and Hudson River
Railroad, типа 2-2-1. Котловое давленіе $p=14$ атм., площадь
колосниковой рѣшетки $R=4,63$ м², полная поверхность на-
грѣва $H=278,7$ м², отношеніе $\frac{H}{R} = 60,12$. (Табл. А. № 14).

№ опыта.	Число оборотовъ колесъ въ минуту.	Количество (kg.) угля, сжигаемаго въ часъ на 1 м ² площади колосн. рѣшетки.	Вакуумъ въ ды-мовой коробѣ въ мм. водяного столба.	Парообразованіе съ 1 м ² поверх-ности нагрѣва въ kg.	Парообразова-тельная способ-ность угля.	Коэффициентъ полезнаго дѣй-ствия котла.
801	79,8	126	36	24,46	11,7	75,34
802	80	171	50	30,42	10,7	69,00
805	160	231	71	39,11	10,2	65,38
806	160	305	106	50,68	10,0	64,05
807	160	478	160	64,89	8,2	53,05
809	240	296	103	48,78	9,9	63,95
811	240	568	188	72,85	7,7	49,83
812	240	656	225	79,78	7,3	46,89
813	280,1	340	121	53,81	9,5	61,81
814	280	381	165	61,37	9,7	62,11
815	320	483	170	63,43	7,9	51,02

При этихъ опытахъ на испытательной станціи паръ получался почти совсѣмъ сухой; при нормальной же побѣдной работѣ влажность пара должна возрасти приблизительно до 10—15⁰/₀. Въ этомъ отношеніи можно повысить и данныя таблицъ 16—23 по парообразование, парообразовательной способности и коэффициенту полезнаго дѣйствія.

Какъ видно изъ этихъ таблицъ, коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла сильно колеблется въ зависимости отъ интенсивности горѣнія топлива на колосниковой рѣшеткѣ; интенсивность же горѣнія зависитъ отъ вакуума въ дымовой коробкѣ, который въ свою очередь зависитъ отъ скорости хода паровоза. Отъ интенсивности горѣнія и коэффициента полезнаго дѣйствія зависятъ интенсивность парообразования (количество пара, получающагося съ 1 м². поверхности нагрѣва котла) и парообразовательная способность топлива (количество пара, получающагося на единицу вѣса сожженаго топлива). Затѣмъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла зависитъ еще отъ конструкціи котла: размѣровъ дымогарныхъ трубъ, присутствія свода въ топкѣ, и, конечно, отъ степени ухода за котломъ.

3. Опредѣленіе площади колосниковой рѣшетки.

Площадь колосниковой рѣшетки является главнѣйшимъ элементомъ котла паровоза: отъ величины этой площади зависитъ количество топлива, которое возможно сжечь экономично въ единицу времени. При нормальномъ числѣ оборотовъ движущихъ колесъ и при экономичной максимальной паропроизводительности паровозъ долженъ сжигать на одномъ квадратномъ метрѣ площади колосниковой рѣшетки въ среднемъ 450—500 klg. угля въ часъ. Бѣльшую интенсивность горѣнія для нормальной работы паровоза принимать не слѣдуетъ, въ виду сильнаго пониженія коэффициента полезнаго дѣйствія котла.

Для опредѣленія величины площади колосниковой рѣшетки, предварительно опредѣляемъ количество топлива, которое необходимо сжигать въ 1 часъ въ топкѣ для полученія парообразования, соотвѣтствующаго нормальной работѣ паровоза; это количество пара *B* опредѣляется извѣстной уже (глава III. А.) формулой 49:

$$B = (1+x) \delta \cdot N i \dots \dots \dots (49).$$

Количество *C* топлива, сжигаемое въ часъ для полученія количества *B* пара, опредѣлится формулой:

$$C = \frac{B \cdot q}{\beta \cdot Q} \dots \dots \dots (50)$$

гдѣ C и B въ kg ; β — коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла; q — количество единицъ теплоты, необходимыхъ для обращенія въ паръ давнаго давленія одного килограмма воды данной температуры; Q — теплопроизводительная способность топлива, т. е. количество единицъ теплоты, выдѣляемыхъ при сгораніи одного килограмма топлива.

Величина q равна разности количествъ единицъ теплоты, содержащихся въ одномъ килограммѣ влажнаго пара даннаго давленія и воды данной температуры:

$$q = (\lambda_1 - \lambda_2) \frac{1}{1+x} + (\lambda'_1 - \lambda_2) \frac{x}{1+x}, \text{ гдѣ } x \text{ — степень влажности пара.}$$

Для воды температуры t_2 $^{\circ}\text{C}$:

$$\lambda_2 = t_2 \text{ единицъ теплоты.}$$

Для воды температуры t_1° : $\lambda'_1 = t_1$ единицъ теплоты.

Обыкновенно температуру t_2 питательной воды можно принять отъ 10 до 15 $^{\circ}$.

Для пара величина λ_1 дана въ слѣдующей таблицѣ Цейнера (по опитакъ Реньо).

ТАБЛИЦА 24 (Цейнера).

Давленіе абсолютное p kg/cm^2 .	Температура t_1 $^{\circ}$	Количество теплоты λ_1 калорій.
12,0	186,99	663,52
12,5	188,78	664,08
13,0	190,57	664,63
13,5	192,31	665,16
14,0	194,00	665,69
14,5	195,64	666,17
15,0	197,24	666,66
16,0	200,32	667,60
17,0	203,26	668,49

Коэффициентъ β полезнаго дѣйствія котла при нормальной его работѣ и при интенсивности горѣнія топлива до 450—500 kg . угля въ часъ можно принять равнымъ 0,65—0,60. При другихъ условіяхъ работы паровоза коэффициентъ β можно выбрать по соображенію съ таблицами 16—23.

Величина площади колосниковой рѣшетки (въ m^2) опредѣлится въ предположеніи нормальной работы формулой:

$$R = \frac{C}{450} \times \frac{C}{600} \dots (51).$$

гдѣ число 450—для товарныхъ, число 500—для пассажирскихъ паровозовъ.

Для паровозовъ съ пароперегрѣвателями величина q будетъ болѣе, чѣмъ по таблицѣ 24, на $C_p (t' - t_1)$, гдѣ $C_p = 0,6$ —теплоемкость перегрѣтаго пара, t' —температура перегрѣва (отъ 300 до 350°), именно:

$$q = (\lambda_1 - \lambda_2) + c_p (t' - t_1).$$

4. Опредѣленіе общей величины поверхности нагрѣва.

Переходя къ опредѣленію общей величины поверхности нагрѣва котла (въ м²), замѣтимъ, что эту поверхность необходимо всегда считать со стороны привосновенія съ пламенемъ и горячими газами, а не со стороны воды, по слѣдующей причинѣ: коэффициентъ передачи тепла отъ горячихъ газовъ металлическимъ стѣнкамъ котла сравнительно много меньше коэффициента передачи отъ стѣнокъ котла водѣ, слѣдовательно большое развитіе наружной (водяной) поверхности нагрѣва еще не обеспечиваетъ полученія водой надлежащаго количества тепла, если при этомъ внутренняя (огневая) поверхность имѣетъ недостаточные размѣры; при обратномъ соотношеніи (трубки Серва) передача водѣ надлежащаго количества тепла обезпечена.

Величину поверхности нагрѣва H можно опредѣлять, исходя изъ выведенныхъ изъ практики данныхъ о парообразованіи съ единицы поверхности нагрѣва. Какъ видно изъ таблицъ 16—23 парообразованіе съ 1 м² поверхности нагрѣва увеличивается съ повышеніемъ интенсивности сгорания топлива. Для нормальной работы паровоза при расходѣ топлива въ 450—500 klg. на 1 м² площади колосниковой рѣшетки парообразованіе съ 1 м² поверхности нагрѣва равно отъ 60 до 70 klg. въ часъ; слѣдовательно величина H опредѣлится изъ слѣдующей формулы:

$$H = \text{отъ } \frac{B}{60} \text{ до } \frac{B}{70} \dots \dots \dots (52).$$

При другихъ условіяхъ работы паровоза достаточность полученной величины H можно повѣрить по соображенію съ таблицами 16—23.

Величину поверхности нагрѣва H можно еще опредѣлить по выбранному отношенію $\frac{H}{R}$. При выборѣ величины $\frac{H}{R}$ можно руководствоваться данными таблицы А. При этомъ надо принять во вниманіе родъ и качество топлива: при топливѣ высокой теплопроводительности отношеніе $\frac{H}{R}$ должно быть болѣе, чѣмъ при топливѣ

низкой теплопроизводительности, такъ какъ при одинаковомъ количествѣ тепла, выдѣленнаго топливомъ, и одинаковой поверхности нагрѣва площадь рѣшетки, конечно, будетъ въ первомъ случаѣ меньше. Кромѣ того отношеніе $\frac{H}{R}$ зависитъ и отъ типа паровоза: для быстроходныхъ паровозовъ, нормально работающихъ съ большимъ вакуумомъ въ дымовой коробкѣ, это отношеніе $\frac{H}{R}$ можетъ быть меньше, для товарныхъ паровозовъ, большею частью работающихъ при малыхъ скоростяхъ, т. е. при меньшемъ вакуумѣ, отношеніе $\frac{H}{R}$ можетъ быть больше.

Окончательно остановиться на какой-либо величинѣ поверхности нагрѣва котла можно только, выяснивъ вполне величину топки, длину и діаметръ дымогарныхъ трубъ, ихъ типъ (гладкія или ребристыя) и будетъ ли котель съ пароперегрѣвателемъ или безъ него и нѣкоторыя другія обстоятельства вліяющія на величину коэффициента полезнаго дѣйствія котла. Поэтому рассмотримъ подробно, чѣмъ надо руководствоваться при выборѣ этихъ величинъ.

5. Отношеніе $\frac{h_2}{h_1}$ между непрямою и прямою поверхностями нагрѣва.

Отношеніе поверхностей нагрѣва дымогарныхъ трубъ h_2 и топки h_1 не подчиняется какому-либо закону и на практикѣ измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ. Обыкновенно это отношеніе въ современныхъ паровозахъ съ насыщеннымъ паромъ бываетъ отъ 10 до 20, а въ паровозахъ съ пароперегрѣвателями—отъ 8 до 12.

6. Величина поверхности нагрѣва топки.

Эту поверхность нагрѣва надо считать равной внутренней развернутой поверхности топочной коробки поверхъ колосниковой рѣшетки, за вычетомъ площади равной суммѣ свободныхъ сѣченій всѣхъ дымогарныхъ трубъ и площади шуровочнаго отверстія. Размѣры топки получаются въ зависимости отъ площади колосниковой рѣшетки и отъ формы самой топки. Парообразовательная способность поверхности топки по опытамъ въ Saint Louis выражается слѣдующими цифрами.

1) Для паровоза № 2512 съ площадью колосниковой рѣшетки $R = 3,1 \text{ м}^2$ и поверхностью нагрѣва топки $h_1 = 16,49 \text{ м}^2$ парообразование было въ часъ 211 klg. съ одного квадратнаго метра; всего въ часъ 3480 klg.

2) Для паровоза № 628 съ площадью рѣшетки $R = 2,7 \text{ м}^2$ я поверхностью нагрѣва топки $h_1 = 9,62 \text{ м}^2$ получалось въ часъ 280 klg. пара съ 1 м^2 этой поверхности; всего въ часъ 2700 klg.

3) Для паровоза № 3000 съ площадью рѣшетки $R = 4,63 \text{ м}^2$ и поверхностью нагрѣва топки $h_1 = 14,10 \text{ м}^2$ получалось въ часъ 395 klg. съ 1 м^2 этой поверхности; всего въ часъ 5570 klg. пара.

Эти цифры получены при интенсивности горѣнія въ 500 klg. угля на 1 кв. метрѣ площади колосниковой рѣшетки; тепло-творная способность (средняя) угля, какъ уже указывалось, была 8350 калорій.

Изъ этихъ опытовъ видно, что не для чего особенно заботиться о слишкомъ большомъ развитіи поверхности нагрѣва топки, была бы только достаточныхъ размѣровъ колосниковая рѣшетка, такъ какъ парообразование единицей поверхности топки можетъ измѣняться въ широкихъ предѣлахъ.

7. Величина поверхности нагрѣва дымогарныхъ трубъ.

а) Гладкія дымогарныя трубы.

Эту поверхность нагрѣва надо считать равной суммѣ внутреннихъ поверхностей всѣхъ трубъ, считая за ихъ длину разстояніе между рѣшетками, т. е.

$$h_2 = \pi \delta_1 l n.$$

гдѣ δ_1 — внутренний діаметръ дымогарныхъ трубъ (толщина ихъ стѣнокъ обыкновенно = 2,5 мм.), l — разстояніе между трубочными рѣшетками, n — число дымогарныхъ трубъ.

При расчетѣ этой поверхности нагрѣва особенное вниманіе должно быть обращено на надлежащее соотношеніе между діаметромъ и длиною дымогарныхъ трубъ. При длинныхъ трубахъ малаго діаметра коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла повышается, такъ какъ газы успѣваютъ до выхода въ дымогарную камеру охладиться очень сильно. Но при этомъ сопротивленіе проходу газовъ чрезъ такія трубы очень значительно; скорость газовъ сравнительно малая; вслѣдствіе этого трубы очень скоро и очень сильно засоряются, причѣмъ, конечно, парообразование сильно падаетъ; кромѣ того работа конуса должна быть значительная. При короткихъ трубахъ большого діаметра коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла болѣе низкій, такъ какъ газы, не успѣвая достаточно охладиться при проходѣ чрезъ эти трубки, выходятъ въ дымовую камеру, имѣя еще довольно высокую температуру. Но сопротивленіе въ этихъ трубахъ незначительное, скорость газовъ въ нихъ при сравни-

тельно слабой работѣ конуса достаточно велика, отчего эти трубы труднѣе засоряются. При этомъ парообразовательная способность единицы поверхности нагрѣва, благодаря быстрой смѣнѣ горячихъ газовъ, повышается. Наиболее употребительны и выгодны слѣдующіе размѣры дымогарныхъ трубъ:

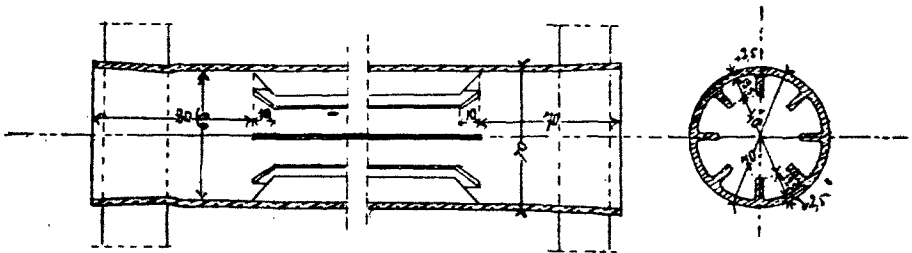
наружный діаметръ $\delta = 50$ мм., длина $l =$ отъ 4.000 до 5.000 мм.,
 „ „ „ $\delta = 45$ мм., „ $l =$ не болѣе 4.000 мм.

Встрѣчаются также трубы діаметра $\delta = 51$ и 52 мм. при длинѣ l немного болѣе, чѣмъ трубы діаметра 50 мм. Въ длинныхъ котлахъ американскихъ и новѣйшихъ болѣе мощныхъ европейскихъ паровозовъ примѣняются трубы діаметра $\delta = 55$ мм. и 57 мм. при длинѣ ихъ отъ 5.900 до 6.400 мм.

Парообразовательная способность поверхности дымогарныхъ трубъ въ среднемъ опредѣляется въ 50 klg. пара съ 1 м². Парообразование не одинаково по всей длинѣ трубъ, но болѣе сильное у топочной рѣшетки и слабѣе по мѣрѣ приближенія къ рѣшеткѣ дымовой камеры. Парообразовательная способность зависитъ отъ вакуума въ дымовой коробкѣ и можетъ довольно легко мѣняться.

б) Ребристая дымогарная труба Серва.

Поверхность нагрѣва этихъ трубъ считается по внутренней ахъ поверхности вмѣстѣ съ поверхностью ихъ реберъ (чертежъ 24);



Черт. 24.

длина трубъ по предыдущему принимается равною разстоянію между рѣшетками. Достигнутое въ трубкахъ Серва увеличеніе поверхности, соприкасающейся съ газами безъ одновременнаго увеличенія наружной водяной поверхности представляетъ ихъ положительное качество и основывается на томъ, что коэффициентъ передачи тепла отъ газовъ поверхности трубъ менѣе, чѣмъ для передачи тепла отъ стѣнокъ трубъ водѣ котла. Это даетъ на практикѣ возможность спроектировать котель съ трубами Серва

по вѣсу легче, чѣмъ при гладкихъ трубахъ, или—при равномъ вѣсѣ котла—при ребристыхъ трубахъ получить бѳльшую величину поверхности нагрѣва, чѣмъ при обыкновенныхъ гладкихъ; увеличеніе въ этомъ случаѣ поверхности нагрѣва трубъ можетъ доходить до 17⁰/о. Что же касается парообразовательной способности, то практика показала, что 1 м². поверхности нагрѣва гладкихъ трубъ въ этомъ отношеніи эквивалентенъ 1,14 м². поверхности нагрѣва трубъ Серва.

Недостаткомъ трубъ Серва является уменьшеніе живого сѣченія для прохода дымогарныхъ газовъ по сравненію съ гладкими трубами для эквивалентныхъ поверхностей нагрѣва. По одинаковымъ съ гладкими трубами прѣчинамъ и для трубъ Серва необходимо придерживаться извѣстныхъ соотношеній между діаметромъ и длиной ихъ. Практикой выработаны слѣдующіе размѣры:

наружный діаметръ $\delta = 70$ мм., длина $l =$ отъ 4.000 до 4.400 мм.
 „ „ „ $\delta = 65$ мм. „ $l =$ отъ 3.000 до 3.500 мм.

Толщина стѣнокъ трубъ Серва равна 2,5 мм. Въ настоящее время трубы діаметромъ 65 мм. уже менѣе употребительны.

Преимущества трубъ Серва заключаются въ возможности получить большую поверхность нагрѣва, не перегружая паровоза, и въ лучшей циркуляціи воды въ котлѣ, такъ какъ промежутки между трубами Серва бѳльшаго діаметра значительнѣе, чѣмъ при гладкихъ трубахъ обыкновенно меньшаго діаметра; свободная же циркуляція воды представляетъ одно изъ важнѣйшихъ условій, способствующихъ энергичному парообразованію. Недостатки трубъ Серва заключаются въ ихъ жесткости (не гибкости), дурно вліяющей на сохранность топочной рѣшетки, и въ необходимости усиленнаго за ними ухода для предупрежденія ихъ засоренія золой.

в) Число и расположеніе дымогарныхъ трубъ.

При опредѣленіи числа дымогарныхъ трубъ необходимо, чтобы свободное сѣченіе для прохода дымогарныхъ газовъ Ω было достаточное, въ зависимости отъ принятой площади волосниковой рѣшетки. Если δ_1 —внутренній діаметръ дымогарныхъ трубъ, n —число ихъ, то:

$$\Omega = \frac{\pi \delta_1^2}{4} n.$$

Обыкновенно въ современныхъ паровозахъ соотношеніе между площадью Ω и площадью волосниковой рѣшетки R бываетъ отъ

0,13 до 0,15. Недостаточность свободной площади прохода газовъ повлечетъ за собой нужду въ усиленной работѣ конуса, вслѣдствіе большого сопротивленія проходу газовъ, и неблагоприятно отразится на работѣ котла и машины. Но вмѣстѣ съ тѣмъ увеличеніе числа трубъ нельзя вести дальше нѣкотораго предѣла, когда трубы размѣстятся настолько близко другъ къ другу, что циркуляціи воды и, конечно, парообразованіе будутъ уже затруднены. Слишкомъ малыя разстоянія между трубами легко зарастаютъ накипью, что влечетъ совершенное прекращеніе парообразованія въ этихъ мѣстахъ и накалываніе стѣнокъ трубъ, которыя и продавливаются подъ дѣйствіемъ все увеличивающейся въ объемѣ накипи. Разбивку дымогарныхъ трубъ по правилу инженера В. А. Арцишъ слѣдуетъ дѣлать въ шахматномъ порядкѣ правильными треугольниками съ горизонтальною высотой и со сторонами (разстояніями между центрами трубъ) равными 1,33 наружнаго діаметра трубъ. Разстояніе отъ нижнихъ трубъ до цилиндрической части котла въ свѣту не слѣдуетъ дѣлать менѣе 60 мм., въ виду скопленія внизу въ большомъ количествѣ грязи и кусковъ накипи, затрудняющихъ циркуляцію воды. Кромѣ того между двумя средними вертикальными рядами трубъ слѣдуетъ оставлять сплошной прогалъ для облегченія парообразованія въ средней особенно сильно нагрѣваемой части котла; этотъ прогалъ, кромѣ того, имѣетъ громадное значеніе для сохранности и увеличенія срока службы мѣдной рѣшетки. (Подробности см. В. Арцишъ. „Современные вопросы о паровозныхъ котлахъ“).

8. Поверхность воды въ котлѣ.

Поверхность воды въ котлѣ, считая при средней высотѣ ея въ водомѣрномъ стеклѣ, не должна быть менѣе $\frac{1}{12} - \frac{1}{15}$ поверхности нагрѣва. Малая поверхность воды затрудняетъ спокойное парообразованіе и способствуетъ сильному увлеченію воды съ паромъ. Особенно большое вниманіе на эту поверхность должно быть обращено въ котлахъ съ широкою топкой, съ большою площадью колосниковой рѣшетки. Въ такихъ котлахъ, вообще говоря, отношеніе между поверхностью воды надъ топкой и площадью колосниковой рѣшетки не достаточно велико, отчего паръ получается слишкомъ влажный. Въ такихъ котлахъ для полученія большей поверхности воды слѣдуетъ козуху топки ограничивать сверху не цилиндрической поверхностью (типъ Steamship), а коробчатой, прямоугольной (типъ Belraige).

9. Кирпичный сводъ въ топкѣ.

Кирпичный сводъ въ топкѣ примѣняется при угольномъ отопленіи и очень распространенъ въ западно-европейскихъ паровозахъ. Длина свода не должна быть болѣе половины длины топки и обыкновенно бываетъ около одного метра, даже для топковъ длиною 3 метра. Назначеніе свода — способствовать болѣе полному смѣшенію горячихъ газовъ съ воздухомъ, что, конечно, повышаетъ полезное дѣйствіе и паропроизводительность котла и кромѣ того уменьшаетъ количество дыма; производимаго паровозомъ. При мелкомъ, легкомъ углѣ сводъ въ топкѣ является уже необходимостью.

10. Пароперегрѣватель.

Изъ многихъ типовъ пароперегрѣвателей въ настоящее время въ большомъ распространеніи, какъ уже указывалось въ главѣ I, только пароперегрѣватель В. Шмидта, третьяго варианта „въ жаровыхъ трубахъ“. По отношенію къ этому пароперегрѣвателю имѣются уже солидныя опытыя и практическія данныя. Въ котлахъ съ этими пароперегрѣвателями (поднимающими температуру пара до $300\text{—}350^\circ$) поверхность нагрѣва считается равною поверхности топки + сумма поверхностей (огневыхъ) всѣхъ дымогарныхъ трубъ + сумма поверхностей (огневыхъ) всѣхъ жаровыхъ трубъ + поверхность пароперегрѣвателя; послѣдняя равна суммѣ наружныхъ поверхностей всѣхъ пароперегрѣвательныхъ трубокъ. Для полученія температуры перегрѣтаго пара въ среднемъ въ 330° поверхность пароперегрѣвателя должна составлять отъ 0,25 до 0,20 всей поверхности нагрѣва; В. Шмидтъ и Р. Гарбе придерживаются первой цифры.

Обыкновенно перегрѣвательныя трубки берутся наружнаго діаметра 38 мм при толщинѣ ихъ стѣнокъ въ 4 мм; жаровыя трубы — наружнаго діаметра 133 мм. при толщинѣ стѣнокъ въ 4,5 мм. Во избѣжаніе быстрого обгоранія заднихъ концовъ перегрѣвательныхъ трубокъ, они отстоятъ отъ мѣдной рѣшетки на разстояніе около 800 мм. Дымогарныя трубки при котлахъ съ пароперегрѣвателями большею частью употребляются наружнаго діаметра 46 мм. и длиною не болѣе 4.500 мм.; при большей длинѣ берутся трубки діаметра 50 мм.

При расчетѣ общей поверхности нагрѣва (включая и поверхность пароперегрѣвателя) можно принижать, какъ это практически доказано, эту поверхность вполне эквивалентною такой же величины

поверхности нагрѣва котла безъ пароперегрѣвателя. Неблагопріятныя послѣдствія уменьшенія парообразовательной поверхности нагрѣва почти на 25⁰/₁₀ парализуются уменьшеніемъ расхода перегрѣтаго пара машиной. Въ результатѣ при исправной машинѣ, при отсутствіи значительныхъ пропусковъ пара золотниками (существенный недостатокъ паровозовъ съ перегрѣтымъ паромъ) котель паровоза съ пароперегрѣвателемъ можетъ работать при условіяхъ тяги и интенсивности горѣнія топлива, равносильныхъ условіямъ обыкновеннаго котла паровоза безъ перегрѣвателя. Поэтому коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла съ пароперегрѣвателемъ можно принять одинаковый съ котлами паровозовъ съ насыщеннымъ паромъ. Количество пара, получаемое съ м² поверхности нагрѣва парообразовательной, при нормальной работѣ паровоза можно принять по предыдущему равнымъ отъ 60 до 70 кг; количество же пара съ 1 м² всей поверхности нагрѣва, конечно, получается меньше, а именно отъ 45 до 55 кг.

Величина отношенія $\frac{H}{R}$ для паровозовъ съ перегрѣтымъ паромъ, соответственно всему сказанному, не будетъ отличаться отъ величины $\frac{H}{R}$ для паровозовъ съ насыщеннымъ паромъ и подчиняется тѣмъ же законамъ, которые были разсмотрѣны въ н. 4 настоящей главы.

Для пароперегрѣвателей другихъ системъ еще не имѣется данныхъ, достаточныхъ для расчета потребной величины поверхности нагрѣва и перегрѣва. Но поскольку извѣстный типъ пароперегрѣвателя близокъ къ типу В. Шмидта, постольку можно придерживаться данныхъ, выведенныхъ практикой для системы В. Шмидта.

ГЛАВА V.

Описание нѣкоторыхъ новѣйшихъ паровозовъ и результатовъ опытовъ съ ними.

Приведенные въ предыдущихъ главахъ методы и данныя для расчета основныхъ размѣровъ паровозовъ представляютъ нѣкоторые средніе результаты многолѣтнихъ наблюдений и изслѣдованій надъ паровозами. Желательно дополнить эти общія данныя частными примѣрами практической службы существующихъ паровозовъ или опытовъ съ ними, дающими понятіе о дѣйствительной работѣ паровозовъ въ различныхъ случаяхъ ихъ службы. Въ этомъ отношеніи много поучительнаго можно найти въ тѣхъ свѣдѣніяхъ, которыя появляются въ технической литературѣ, объ испытаніяхъ паровозовъ, производившихся съ различными цѣлями и въ различныхъ размѣрахъ въ Америкѣ, Западной Европѣ и у насъ въ Россіи. Въ настоящей главѣ дается описание только нѣсколькихъ новѣйшихъ паровозовъ съ данными объ опытахъ съ ними, главнымъ же образомъ эта глава отводится описанію интересныхъ опытовъ, не опубликованныхъ въ наиболѣе распространенныхъ журналахъ, надъ новѣйшими типами паровозовъ итальянскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ, производившихся въ періодъ отъ декабря 1906 до іюня 1908 года.

1. Результаты испытаній, произведенныхъ надъ новыми типами паровозовъ итальянскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ.

Результаты испытаній надъ новѣйшими типами паровозовъ были обработаны Управленіемъ Итальянскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ и опубликованы официальнымъ изданіемъ: „Risultati delle prove di trazione eseguite coi nuovi tipi di locomotive F. S.“

Въ теченіе 1906 и 1907 годовъ на итальянскихъ казенныхъ дорогахъ появилось большое число новыхъ типовъ товарныхъ и

пассажи́рскихъ паровозовъ. Нѣкоторые изъ этихъ типовъ были заказаны еще прекратившими незадолго передъ этимъ свое существованіе желѣзнодорожными обществами, а другіе были спроектированы уже новымъ Управленіемъ.

Цѣлью обширныхъ опытовъ, предпринятыхъ надъ новѣйшими паровозами, было точно установить коэффициенты ихъ полезнаго дѣйствія, условія ихъ наилучшей утилизаци, провѣрить практически временныя нормы стоимости ихъ эксплуатаціи и, кромѣ того, выяснить, какія измѣненія и улучшенія необходимо ввести въ паровозы будущихъ заказовъ.

Опытамъ подверглись слѣдующія серіи паровозовъ: изъ товарныхъ и горныхъ—470, 720, 730 и 750; изъ пассажирскихъ—630, 640, 666 и 680. Изъ этихъ серій 630 *FS* (бывшая 400 *R. A.*) и 750 *FS* (бывшая 4.501—4.600 *R. M.*) были спроектированы прежними желѣзнодорожными Обществами, серіи 666 *FS* и 720 *FS* были построены заводомъ Бальдина въ Филадельфій по его собственнымъ чертежамъ, серія 730 *FS* построена заводомъ Геншель и Сынъ въ Кассель, серія 640 *FS*, подобная серіи 630, но измѣненная введеніемъ пароперегрѣвателя, построена заводомъ Шварцкопфа въ Берлинѣ—обѣ серіи по указаніямъ и заданіямъ администраціи итальянскихъ казенныхъ дорогъ; серія 470 *FS* и 680 *FS* были спроектированы Техническимъ бюро Управленія казенныхъ желѣзныхъ дорогъ. Главнѣйшіе размѣры всѣхъ этихъ паровозовъ приведены въ таблицахъ *R* и *C*, гдѣ, кромѣ того, въ цѣляхъ сравненія помѣщены и данныя относительно старыхъ лучшихъ серій, замѣнить которыя и предназначены новые паровозы; эти старыя серіи: товарные паровозы 420 *FS*^a (бывшая 4.359—4.456 *R. M.*, выпускъ 2-ой) постройки завода Зигля и 451 *FS* (бывшая 450^{bis} *R. A.*); пассажирскіе паровозы 552 *FS* (бывшая 180^{bis} *R. A.*) и 670 *FS* (бывшая 500 *R. A.*).

Товарные и горные паровозы.

Серія 750 FS. Эти паровозы типа 2—4—0, съ двухосной тележкой впереди, съ двухцилиндровой машиной компаундъ, съ наружными цилиндрами и парораспределительнымъ механизмомъ Вальсхарта (Гейзивгера фонъ Вальдеггъ), съ приборомъ управленія системы Гельсдорфа. Золотникъ малаго цилиндра цилиндрическій, —большого цилиндра плоскій уравновѣшенный. Отношеніе объемовъ обоихъ цилиндровъ равно 2,19. Парораспределеніе спроектировано такимъ образомъ, что всегда имѣется разни́ца до 10%.

между степенями наполненія обоихъ цилиндровъ. Котель съ широкой топкой (типа Wootten), проходящей поверхъ колесъ, съ площадью рѣшетки въ 4,4 м². Отношеніе $\frac{H}{R} = 40$.

Серія 730 FS. Типъ 1—4—0, съ одноосной тельжкой типа бывшаго Общества Адриатической дороги (въ родѣ тельжки Краусса-Гельмгольца). Отъ тельжки Краусса эта послѣдняя отличается только тѣмъ, что центральный шпиритонъ можетъ имѣть боковое смѣщеніе, ограничиваемое спиральными рессорами, и тѣмъ, что вѣсъ передней части паровоза передается прямо на центральный шпиритонъ. Машина двухцилиндровая компаундъ съ наружными цилиндрами; оба золотника цилиндрическіе. Отношеніе объемовъ обоихъ цилиндровъ равно 2,37. Наружные парораспределительные механизмы Вальсхарта для обоихъ цилиндровъ независимы между собой и допускаютъ по волѣ машиниста любыя варіаціи между отсѣчками пара въ обоихъ цилиндрахъ. Приборъ управленія системы фонъ-Борриса, не автоматическій. Отношеніе $\frac{H}{R} = 72$. Конусъ переменный системы Сѣверной французской дороги. Регуляторъ уравновѣшенный типа Зага.

Серія 720 FS. Типъ 1—4—0. Конструкція этихъ паровозовъ вполне американская. Машина простая, сдвоенная, съ наружными цилиндрами, съ внутреннимъ парораспределительнымъ механизмомъ Стефенсона съ передаточными рычагами къ наружнымъ плоскимъ уравновѣшеннымъ золотникамъ. Конусъ постоянный. Рама брусковая. Отношеніе $\frac{H}{R} = 51$.

Серія 470 FS. Типъ 0—5—0. Эти паровозы предназначены специально для службы на горныхъ перевалахъ, Сдѣльной вѣсъ ихъ значителенъ. Сравнительно умѣренные скорости поѣздовъ на перевалахъ позволили обойтись въ этомъ паровозѣ безъ ущерба для спокойствія его хода безъ передней поддерживающей оси. Для облегченія вписыванія въ кривыя первая и пятая оси имѣютъ поперечныя передвиженія на 30 мм., а третья ось не имѣетъ ребордъ на колесахъ. Машина четырехцилиндровая компаундъ типа Адриатикъ. Отношеніе объемовъ цилиндровъ равно 2,65. Золотники цилиндрическіе (два—по одному на группу малыхъ и большихъ цилиндровъ). Парораспределительные механизмы Вальсхарта каждой группы цилиндровъ независимы между собой. Особенностью является постоянное сообщеніе между противоположными концами цилиндровъ одной группы, что даетъ всегда полное равенство работъ въ нихъ. Приборъ управленія состоитъ изъ добавочнаго золотничка, управляемаго отъ вала регулятора; съ помощью этого золотничка возможно пускать паръ въ ресиверъ по

трубки небольшого диаметра; выпуск пара регулируется канавками, сдѣланными на концѣ штока золотника малыхъ цилиндровъ. Конусъ перемѣнный типа Сѣверной французской дороги. Отношеніе $\frac{H}{R} = 63$. Паровозы этого типа несутъ уголь на себѣ и имѣютъ тендеръ только для воды, при чемъ тендеръ имѣетъ еще отдѣленіе для багажа. Паровозъ одинаково хорошо служитъ на передній и задній ходъ. Тендеръ можетъ прицѣпляться къ обоимъ концамъ паровоза безразлично.

Пассажирскіе паровозы.

Серія 630 F/S. Типъ 1—3—0. Машина двухцилиндровая компаундъ. Отношеніе объемовъ цилиндровъ равно 2,50. Наружный парораспределительный механизмъ Вальсхарта и наружные золотники; управление механизмомъ независимо для обоихъ цилиндровъ. Этотъ паровозъ назначенъ для веденія легкихъ скорыхъ поѣздовъ. Внутреннее между рамъ положеніе цилиндровъ обезпечиваетъ большое спокойствіе хода паровоза. Телѣжка той же системы, что и у серіи 730. Отношеніе $\frac{H}{R} = 52$.

Серія 640 F/S. Типъ этихъ паровозовъ тотъ же, что и серіи 630, но измененный только введеніемъ пароперегрѣвателя системы Шмидта „въ жаровыхъ трубахъ“. Машина двухцилиндровая простого дѣйствія. Котловое давленіе вмѣсто 16 атмосф, серіи 630 принято здѣсь 12 атм.

Серія 680 F/S. Эта серія типа 1—3—1 построена для веденія скорыхъ поѣздовъ большого состава. Машина четырехцилиндровая компаундъ типа Адриатикъ. Наружное парораспределеніе Вальсхарта, независимое для группъ малыхъ и большихъ цилиндровъ. Отношеніе объемовъ цилиндровъ равно 2,69. Отношеніе $\frac{H}{R} = 63$. Регуляторъ уравновѣшенный типа Зага. Передняя телѣжка одинаковая съ паровозами серіи 730, 630 а 640. Задняя, поддерживающая ось имѣетъ поперечное перемѣщеніе 10 мм.

Серія 666 F/S. Типъ 2—3—0. Машина четырехцилиндровая, системы Воклена, уравновѣшенная. Отношеніе объемовъ цилиндровъ равно 2,60. Внутренній парораспределительный механизмъ Стефенсона. Отношеніе $\frac{H}{R} = 74$.

При всѣхъ опытныхъ поѣздахъ пользовались динамометрическимъ вагономъ, построеннымъ въ 1904 году Обществомъ Адриатической желѣзной дороги. На динамометрическихъ диаграм-

ТАБЛИЦА В.

Главные размѣры товарныхъ и горныхъ паровозовъ.

Серія паровоза.		420					750		
		второй вы- пускъ.	451	470	720	730	первый вы- пускъ.	второй вы- пускъ.	
Типъ	—	0-4-0	0-4-0	0-5-0	1-4-0	1-4-0	2-4-0	2-4-0	
Диаметръ спаренныхъ ко- лесь <i>D</i>	мм.	1210	1270	1350	1400	1370	1400	1400	
Котелъ.	Давленіе пара въ кот- лѣ <i>p</i>	кг. см ² .	10	10	16	14	16	14	
	Поверхность нагрѣва топки	м ² .	10,7	10,3	12,5	13,0	12,4	13,7	
	Дымогарная трубы: {	число	—	205	241	273	260	255	271
		диаметръ	мм.	$\frac{52}{47}$	$\frac{50}{45}$	$\frac{52}{47}$	$\frac{50}{45}$	$\frac{52}{47}$	$\frac{50}{45}$
		длина между рѣш.	мм.	5150	4250	5150	4395	5000	3900
	Внутренняя поверхн. на- грѣва дымогарн. трубъ	м ² .	153,0	146,3	209,8	163,3	190,4	145,0	
	Полная внутренняя по- верхн. нагрѣва <i>H</i>	м ² .	163,7	156,6	222,3	176,3	202,8	158,7	
	Площадь колосник. рѣ- шетки <i>R</i>	м ² .	2,16	2,07	3,5	3,48	2,82	4,4	
		$\frac{H}{R}$	—	76	74	63	51	72	36
			—	4	2	2	2	2	
Машина.	Число цилиндровъ	—	2	2	4	2	2	2	
	Система машины	—	Простая	Простая	Комп. Адриат.	Простая	Ком- паундъ	Ком- паундъ	
	Диаметры цилиндровъ: {	высокаго да- вленія	мм.	530	530	375	508	490	540
		низкаго да- вленія	мм.	—	—	610	—	750	800
	Хомъ поршней	мм.	610	660	650	660	700	680	
Парораспредѣл. меха- низмъ	—	Стефенсона		Гейслинг.	Стефен- сона	Гейслингера			
Вѣсъ паро- воза.	{	Безъ воды и топлива	тн.	49,7	49,5	64,5	56,6	59,2	68,0
		Въ рабочемъ состояніи	тн.	57,2	56,0	74,8	63,0	65,9	73,8
		Сидѣльной	тн.	57,2	56,0	74,8	56,4	56,3	54,4
		Вѣсъ въ рабоч. сост.	тн.	27,5	28,3	26,0	45,6	31,9	34,8
Тендеръ.	{	Объемъ водя- ного бака	м ³ .	9,0	10,5	13,0	20,0	12,0	13,0
		Запасъ топ- лива	тн.	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	4,5
						Ва паро- возѣ			4,5

ТАБЛИЦА С.

Главные размѣры пассажирскихъ паровозовъ.

Серія паровоза.	552	630		640	666	670		680				
		первый вы-пускъ.	второй вы-пускъ.			первый вы-пускъ.	второй вы-пускъ.					
Типъ	—	2-2-0	1-3-0	1-3-0	1-3-0	2-3-0	2-3-0	2-3-0	1-3-1			
Диаметръ спаренныхъ колесъ <i>D</i>	мм.	1940	1850	1850	1850	1860	1920	1920	1850			
К о т е л ь	Давленіе пара въ котлѣ <i>p</i>	кг. см ² .	14	16	16	12	14	15	15	16		
	Поверхность пароперегрѣвателя	м ² .	—	—	—	33,5	—	—	—	—		
	Поверхность нагрѣва топки	м ² .	11,9	10,0	10,0	9,9	13,2	11,7	11,6	12,5		
	Дымогар- ныя трубы:	число	—	125	104	203	116+21	250	246	125+4	273	
		диаметръ	мм.	Serve 65	Serve 70	50	50	133	50	Serve 70	50	52
		длина между рѣш.	мм.	60	65	45	45	125	45	45	65	47
	Внутренняя поверхность нагрѣва дымогарныхъ трубъ	м ² .	147,4	165,0	114,8	98,4	188,0	140,7	199,8	207,8		
	Полная внутренняя поверхность нагрѣва <i>H</i>	м ² .	159,3	175,0	124,8	141,8	201,2	152,4	211,4	220,3		
	Площадь колосниковой рѣшетки <i>R</i>	м ² .	2,36	2,42	2,42	2,42	2,72	3,0	3,0	3,5		
	$\frac{H}{R}$	—	67	72	52	58,6	74	51	70	63		
М а ш и н а.	Число цилиндровъ	—	2	2	2	2	4	4	4			
	Система машины	—	Простая	Комп. шундъ	Комп. шундъ	Простая	Комп. Вольенъ	Комп. шундъ Адриатикъ	Комп. Адриат.			
	Диаметры цилиндровъ:	высокаго давленія	мм.	480	430	430	540	394	360	360		
		низкаго давленія	мм.	—	680	680	—	635	590	590		
	Ходъ поршней	мм.	600	700	700	700	660	650	650	650		
	Парораспредѣл. механизмъ	—	Стефенсонъ	Гей зингера			Стефенсонъ	Гей зингера				
Вѣсъ паровоза.	Безъ воды и топлива	тп.	44,3	50,35	50,35	49,9	58,9	60,9	61,9	62,8		
	Въ рабочемъ состояніи	тп.	48,3	55,0	55,0	54,5	65,7	69,9	70,8	70,0		
	Сдѣльной	тп.	29,5	44,0	44,0	44,0	44,5	43,2	44,4	45,0		
Тендеръ.	Вѣсъ въ рабочемъ сост.	тп.	31,9	35,3	35,3	35,3	45,6	37,2	37,2	40,5		
	Объемъ водяного бака	и ³ .	12,0	15,0	15,0	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0		
	Запасъ топлива	тп.	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	4,0	6,0		

на паровозъ

махъ имѣются кривыя силы тяги и скорости въ функціи пространства и, кромѣ того, кривая работы на крюкѣ тендера. Тахиметромъ Hasler'a давалась скорость въ функціи времени. Новый аппаратъ (potenziometro), приобретенный въ 1905 году, позволялъ на обыкновенной диаграммѣ Hasler'a наносить пунктирной линіей кривую полезной работы на крюкѣ тендера въ паровыхъ лондажахъ въ функціи времени.

Со всѣхъ паровозовъ снимались индикаторныя диаграммы индикаторами Розенкранца. Затѣмъ имѣлись манометры и вавууметры Розенкранца съ пинущими приборами. Велись записи различныхъ обстоятельствъ работы паровоза и производился учетъ расхода воды и топлива. Расходъ воды измѣрялся какъ въ тендерѣ, такъ и въ котлѣ; для этого, кромѣ водомѣрныхъ стеколъ, для испытаній съ паровозами 7534, 6360 и 64001 пользовались еще двумя турбинными счетчиками, присоединяемыми къ трубамъ, проводящимъ воду изъ тендера къ инжекторамъ.

Поѣзда, предназначенные для опытныхъ поѣздокъ дополнялись, когда требовалось, порожними вагонами. Только испытанія по специальному росписанію (обыкновенно пользовались дѣйствующимъ графикомъ движенія) большой скорости на линіи Миланъ-Волонья и Миланъ-Туринъ проишли съ порожними поѣздами. Это обстоятельство при опредѣленіи результатовъ учитывалось въ томъ смыслѣ, что при равномъ вѣсѣ поѣздовъ полное сопротивление поѣзда бываетъ больше въ случаѣ порожнихъ вагоновъ, чѣмъ въ случаѣ занятыхъ пассажирами. Вѣсъ вагоновъ рассчитывался всегда по дѣйствительной тарѣ вагона съ прибавленіемъ добавочнаго вѣса по числу пассажировъ, по вѣсу багажа и почты и по вѣсу груза по вагоннымъ документамъ.

Испытанія товарныхъ и горныхъ паровозовъ.

Испытывались слѣдующіе паровозы:

№ 7534 серіи 750 въ теченіе времени отъ 11 до 21 декабря 1906 г.

№ 7316 серіи 730 въ теченіе времени отъ 7 марта до 7 апрѣля 1907 г.

№ 7206 серіи 720 въ теченіе времени отъ 10 марта до 25 апрѣля 1907 г.

№ 4701 серіи 470 въ теченіе времени отъ 20 марта до 22 мая 1907 г.

Было желательно произвести съ этими паровозами опыты на равнинныхъ линияхъ съ поѣздами большаго вѣса и на горныхъ линияхъ съ меньшими составами, но требованія текущей службы не позволили выполнить въ должной мѣрѣ программу, и поѣздки на равнинной линіи Флоренція-Аредзо и Пистоія-Пиза были произведены только съ однимъ паровозомъ № 7316 и то съ поѣздами не вполне достаточнаго вѣса.

Горная линія для испытаній была выбрана на перевалѣ Порретана, на перегонѣ Пистоія-Праквіа съ сплошнымъ подъемомъ. Длина перегона равна 25,02 километра съ подъемомъ между конечными станціями на 552,95 метра, что соотвѣтствуетъ среднему подъему 22,1 тысячныхъ. Но дѣйствительный профиль пути представляетъ отъ Пистоія до прохода на уровнѣ Капо-ди-Страда на протяженіи 3,61 километра подъемъ отъ 11 до 13⁰/₁₀₀; дальнѣйшій путь на протяженіи 21,41 километра представляетъ переменный подъемъ отъ 2³ до 26⁰/₁₀₀. Кривыя очень часты и малаго радіуса; всего кривыхъ 12,3 километра, т. е. 50% всего перегона; минимальный радіусъ равенъ 300 метрамъ.

Опытныя поѣздки производились безъ промежуточной остановки, положенной по расписанію, со скоростью 46—50 $\frac{\text{klm.}}{\text{hr.}}$ на участкѣ отъ Пистоія до Капо-ди-Страда и со скоростью 31 $\frac{\text{klm.}}{\text{hr.}}$ на остальномъ протяженіи. Весь перегонъ проходилъ въ 48 минутъ, включая время на разгонъ и остановку.

Выбранный перегонъ былъ очень удобенъ для опытовъ, кромѣ его профиля, представляющаго почти однообразный подъемъ на достаточномъ протяженіи, еще и тѣмъ, что позволялъ сравнить результаты настоящихъ опытовъ съ прежними опытами Общества Адриатической желѣзной дороги съ паровозами серіи 451.

Большое число тоннелей и не особенно совершенная вентиляция нѣкоторыхъ изъ нихъ не позволили снять индикаторныя діаграммы далѣе станціи Питеччіо; эта станція находится на разстояніи около 8 километровъ отъ Капо-ди-Страда и на этомъ участкѣ лежитъ максимальный подъемъ. Діаграммы, снятыя на протяженіи Капо-ди-Страда—Питеччіо, вполне соотвѣтствуютъ нормальнымъ условіямъ хода паровозовъ.

Подвижной составъ при этихъ опытахъ состоялъ изъ обыкновенныхъ товарныхъ двухосныхъ вагоновъ крытыхъ и некрытыхъ. Большею частью вагоны были груженые; непрерывныхъ тормозовъ не было.

Топливо, принятое для опытовъ съ горными паровозами, набиралось ими, вакъ это и обыкновенно дѣлается, въ Пистоія; оно

состояло изъ смѣси (пополамъ) брикета Ливорно и угля Ньюпорта. Среднія данныя анализовъ, дѣлавшихся во время производства опытовъ, слѣдующія:

Ньюпортскій уголь.

Теплопроизводительность (калориметръ Томсона) . . .	7730 калор.
Зола	6,5%
Летучихъ веществъ	25%

Въ этомъ углѣ вообще содержалось до 20% мелочи.

Ливорнскій брикетъ.

Теплопроизводительность (калориметръ Томсона) . .	7415 калор.
Зола	8,5%
Летучихъ веществъ	16%

При опытахъ 1901 года на Адриатической дорогѣ, результаты которыхъ приводятся далѣе для сравненія, свойства топлива были очень близки къ топливу 1907 года; теплопроизводительная способность была 7800—7900 калорій для угля и 7300 валорій для брикета, такъ что результаты опытовъ обоихъ періодовъ вполне сравнимы между собой.

Опыты съ паровозомъ № 7534.

Первый паровозъ, подвергнутый опытамъ, былъ № 7534 серіи 750 FS второго выпуска, построенный въ 1906 году. Съ этимъ паровозомъ № 7534 было сдѣлано восемь поѣздовъ на линіи Пистоя-Правкіа. По условіямъ текущаго движенія не удавалось составлять расписанія безъ остановокъ на промежуточныхъ станціяхъ для скрещенія. Только три поѣзда были исполнены безъ остановокъ. Температура въ эти дни была довольно низкая. Присутствіе влажности на рельсахъ въ утренніе часы (отправленіе изъ Пистоя въ 8 ч. 30 м.) при проходѣ по открытымъ мѣстамъ и по тоннелямъ причиняло запозданіе поднимающихся въ гору поѣздовъ и сильно мѣшало опытному поѣзду. Бовсованіе колесъ происходило легко и часто.

Котель вполне удовлетворил условиям работы: поддерживать надлежащий уровень воды в котле даже при продолжительной максимальной работе было легко без чувствительного понижения давления пара.

Как можно судить по индикаторным диаграммам, при степенях наполнения, принятых для получения наибольшей мощности паровоза, работа, развиваемая большим цилиндром, была несколько больше работы малого цилиндра; давление в ресивере при таких условиях было довольно высокое (около 5 атм.). Такое распределение работы в цилиндрах не играет особенно большой роли при ограниченных скоростях обыкновенных товарных поездов на линиях с большими подъемами. Однако можно ожидать слишком высокого противодавления в малом цилиндре при случайном переводе этих паровозов на линии легкого профиля для ведения поездов нормального и ускоренного хода. И действительно это обстоятельство сказалось в том, что паровоз 7534 на сравнительно легком профиле первой части опытного перегона никогда не переходил скорости $45 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$, которая паровозами 7316 и 4701 вполне легко достигалась и превышалась. Но при нормальной настоящей службе паровозов серии 750 можно удовлетвориться их маневренностью, не передвывая парораспределения.

Что касается расхода воды, то надо заметить, что пришлось наблюдать в значительной степени увлечение воды в цилиндры.

Опыты с паровозом № 7316.

Первые паровозы серии 730 начали службу в зиму 1906 года. Многочисленные опытные поездки на линии Пистоиа-Правкия позволяли выяснить некоторые недостатки этих паровозов и найти способы их исправить; сам же паровоз по своей мощности вполне оправдал проектные предположения.

Скорость при опытных поездках достигала иногда в целях испытания до $70 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$; нормально же наибольшая скорость предписанная маневренности и действительно достигаемая в текущей службе равна $60 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$. При поездке ХСШ 13-го марта 1907 года паровоз № 7316 развил работу 1000 *HP* без всякой форсировки. С составами в 138 и 177 тонн, наиболее частыми на линии Пистоиа-Правкия, весь перегон без всяких промежуточных остановок проходил в 38 и 41 минут со средним

скоростью въ $35 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ и болѣе на подъемѣ 25‰ . При помощи двухъ переводныхъ винтовъ соотношеніе между степенями наполненія можно было устанавливать, сообразуясь съ вѣсомъ поѣзда и скоростью.

Котель отличался легкимъ парообразованіемъ съ умереннымъ расходомъ топлива.

При опытныхъ поѣздкахъ на равнинныхъ участкахъ со средними подъемами между Флоренціей и Аредзо и между Пистоіа и Пизой паровозъ 7316 вель поѣздъ вѣсомъ 480 тоннъ на длинныхъ подъемахъ въ $8\text{—}11\text{‰}$ съ кривыми радіуса 500 метровъ легко со скоростью $30 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$, и поѣздъ вѣсомъ 530 тоннъ—легко со скоростью $50 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ на площадкахъ и со скоростью 35 и $40 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ на подъемахъ въ $5\text{—}7\text{‰}$.

Опыты съ паровозомъ № 7206.

Въ промежуткѣ между опытами съ паровозами №№ 7316 и 4701 было сдѣлано нѣсколько поѣздокъ съ паровозомъ № 7206 серіи 720FS. Паровозы этой серіи поступили на дорогу въ началѣ 1907 года. Они были заказаны Управленіемъ желѣзныхъ дорогъ зимой 1906 г. въ періодъ крайней нужды въ паровогахъ. Необходимость свораго полученія этихъ паровозовъ заставила сдать заказъ заводу Бальвина въ Америкѣ, который брался поставить паровозы въ самый короткій срокъ и по низшей цѣнѣ въ то время, вавъ итальянскіе и прочіе европейскіе заводы были перегружены работой и не могли выполнить заказа въ короткій срокъ.

Обнаружившіеся конструктивные недостатки, напримѣръ: лопанье эксцентриковыхъ тягъ, течъ трубъ въ топкѣ, сильная утечка пара подъ кольца золотниковъ и поршней и проч. ограничивали силу и мощность паровоза въ предѣлахъ низнихъ, чѣмъ возможные для этого паровоза по его характеристическимъ размѣрамъ. Ремонтъ, дѣлавшійся въ теченіе опытовъ, нѣсколько помогъ, но не настолько, чтобы приблизить коэффицентъ полезнаго дѣйствія этого паровоза къ коэффиценту прочихъ товарныхъ, горныхъ паровозовъ. Паровозъ № 7206 проходилъ при опытахъ подъ уклонъ кривыя радіуса 300 метровъ со скоростью $60 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ сравнительно плавно, но съ меньшей легкостью вписыванія въ кривыя и съ большимъ сопротивленіемъ по сравненію съ паровозами серіи 730.

Опыты съ паровозомъ № 4701.

Серія 470FS представляетъ первый типъ пятиоснаго паровоза, построеннаго для итальянскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ. Эти паровозы проектировались съ цѣлью улучшить движеніе поѣздовъ на большихъ горныхъ перевалахъ.

Вообще дурныя условія обмѣна воздуха въ туннеляхъ и отсутствіе искусственной вентиляціи въ нѣкоторыхъ изъ нихъ заставляли относится съ сомнѣніемъ къ паровозу такой большой мощности, въ виду возможнаго ухудшенія нужнаго для дыханія воздуха въ туннеляхъ при выдѣленіи паровозомъ большого количества продуктовъ сгорания и водяного пара. Многочисленные опыты показали, что, благодаря большой скорости хода, всѣ эти сомнѣнія неосновательны; кромѣ того при движеніи этого паровоза будкой впередъ, трубой назадъ проходъ туннелей не доставляетъ бригадѣ никакихъ безпокойствъ и требуетъ только большаго вниманія къ водомѣрному стеклу и надлежащему питанію котла. При меньшихъ скоростяхъ условія дыханія нѣсколько ухудшаются. Поэтому принято ставить этотъ паровозъ для скорыхъ поѣздовъ, какъ обыкновенно, трубой впередъ, для пассажирскихъ и товарныхъ поѣздовъ и при подтапливающей службѣ—наоборотъ будкою впередъ.

По своей мощности и приспособляемости къ различнымъ условіямъ этотъ паровозъ удовлетворилъ своему заданію. Спокойный ходъ былъ и при скорости $55 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$ и выше, хотя максимальная предписанная ему скорость равна только $45 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$. Вписываніе въ кривыя радіуса 300 метровъ было легкое и спокойное, благодаря поперечному перемѣщенію крайнихъ осей и отсутствію ребордъ у колесъ средней оси.

Наибольшій вѣсъ вагоновъ былъ 272 тонны—болѣе значительный, чѣмъ предѣльный вѣсъ при нормальной службѣ, назначенный по условіямъ прочности сдѣланныхъ приборовъ подвижнаго состава. Средняя скорость съ тавямъ составомъ на подъемѣ въ 25% была $25 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$.

Наибольшую мощность паровозъ 4701 развилъ при побѣдѣ 12 апрѣля 1907 года съ поѣздомъ вѣсомъ 204 тонны, сдѣлавъ весь перегонъ въ 39 минутъ со среднею скоростью на подъемѣ 25% въ $40 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$: индикаторная работа была въ среднемъ 1200 HP. Съ составами въ 220 и 240 тоннъ пробѣгъ дѣлался въ 45 и 52 минуты; между тѣмъ старые паровозы серіи 451 и 420 проходили перегонъ съ составомъ въ 110 тоннъ въ 49 минутъ и съ составомъ 160 тоннъ въ 70 минутъ.

Опытъ съ двойной тягой на линіи Порреттана.

Изъ-за крутыхъ подъемовъ на линіи Порреттана вѣсь поѣзда, который ведется пятиоснымъ паровозомъ одиночной тягой, недостаточенъ по сравненію съ все увеличивающимся требованіемъ на пассажирское и товарное движеніе. Чтобы не дѣлить поѣзда на дѣѣ части и вообще увеличить пропускную способность линіи, испробовали тягу поѣздовъ двумя паровозами: однимъ во главѣ, другимъ подталеживающимъ въ хвостѣ поѣзда. Такая двойная тяга примѣнялась, какъ нормальная, для пассажирскихъ и иногда товарныхъ поѣздовъ съ 1896 года съ паровозами типа 0—4—0 серіи 451, но затѣмъ была ограничена по случаю серьезныхъ неудобствъ для дыханія бригады подталеживающаго паровоза отъ неудовлетворительности вентиляціи тоннелей (было нѣсколько случаевъ полубморозовъ). Затѣмъ воздушныя условія тоннелей на линіи Пистоіа-Правкіа были значительно улучшены.

При двойной тягѣ паровозами серіи 451 вѣсь поѣзда не превосходилъ 270 тоннъ (между тѣмъ сумма составовъ, назначаемыхъ отдѣльнымъ паровозамъ серіи 451, равна $160 \times 2 = 320$ тоннъ).

Съ цѣлью выяснить, насколько двойная тяга будетъ удобна съ новыми паровозами, были предприняты поѣздки въ продолженіе почти мѣсяца ежедневно съ однимъ и тѣмъ товарнымъ поѣздомъ съ паровозомъ серіи 451 или 730 попеременно во главѣ и серіи 470 въ хвостѣ, затѣмъ съ двумя паровозами серіи 470: однимъ во главѣ и другимъ въ хвостѣ. Въ періодъ, выбранный для поѣздовъ, между 11 іюня и 16 іюля 1907 года погода была теплая и въ отсутствіи естественной вентиляціи въ тоннеляхъ условія дыханія были не совѣмъ удовлетворительныя. Результаты получились довольно хорошіе: между тѣмъ какъ при старыхъ 4-хъ-осныхъ паровозахъ наибольшій вѣсь поѣзда былъ 270 тоннъ, при новыхъ паровозахъ составъ при полной безопасности движенія доходилъ до 320—340 тоннъ въ случаѣ 4-хъ-оснаго паровоза во главѣ и 5 оснаго въ хвостѣ, и до 400—435 тоннъ въ случаѣ двухъ 5 осныхъ. Несмотря на большее количество дыма при болѣе высокой скорости, условія дыханія въ будѣ новыхъ подталеживающихъ паровозовъ были лучше, чѣмъ при старыхъ.

Результаты и сравненія.

Въ слѣдующихъ таблицахъ даны минимальныя и максимальныя данныя относительно различныхъ элементовъ работы паровозовъ, полученныя изъ всѣхъ опытныхъ поѣздовъ.

Парообразование, коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла.

П а р о в о з ы .	4555	7534	7316	7206	4701
Средняя величина парообразования въ часъ klg.	8500	8400 до 11000	8500 до 11450	7100 до 10450	11900 до 15750
Парообразование въ часъ съ 1 кв. метра поверхности нагрѣва klg.	55	48 до 63	42,5 до 57,2	44,8 до 59,5	43 до 67
Парообразование на 1 klg. угля klg.	7,4	7,1 до 8,4	7,1 до 7,8	6,2 до 7	6,7 до 7,3
Количество угля, сжигаемое въ часъ klg.	1195	1060 до 1425	1200 до 1600	1130 до 1530	1420 до 2335
Количество угля, сжигаемое въ часъ на 1 кв. метръ площади колосник. рѣшетки klg.	570	241 до 325	430 до 570	325 до 440	405 до 670
Отношеніе между поверхностью нагрѣва и площадью колосн. рѣшетки	74	40	72	51	63

При оцѣнѣ результатовъ, показанныхъ въ этой таблицѣ, имѣютъ большое значеніе величина отношенія между поверхностями нагрѣва и рѣшетки и степень влажности пара; наибольшее парообразование было достигнуто на всѣхъ паровозахъ и въ частности для паровоза 7534 при наибольшей влажности пара.

Испытаніи были произведены вообще при хорошей погодѣ в при атмосферныхъ условіяхъ, сравнимыхъ между собой, за исключеніемъ опытовъ съ паровозомъ 7534, производившихся въ декабрѣ. На лвнїи Порреттава вѣтры не слишкомъ часты и почти половина всего перегона приходится въ туннеляхъ, такъ что вліяніе наружныхъ условій не особенно велико. При такихъ условіяхъ и съ углемъ почти неизмѣннаго качества результаты получились сравнимыи между собой.

Для паровоза № 7534 надо принять во вниманіе, что у него топка системы *Wootten* съ площадью въ 4,4 кв. м., поэтому понятна такая малая напряженность горѣнія топлива (расходъ угля на 1 м.² площади колосниковой рѣшетки).

Мощность и полезное дѣйствіе машины.

П а р о в о з ы .	4555	7534	7316	7206	4701
Расходъ пара на индикат. паровую лошадь въ часъ . klg.	*)	11,9 до 14	10,8 до 12,9	16,7 до 17,7	11,9 до 14,4
Средняя индикаторная работа НР.	—	696 до 836	740 до 1006	474 до 628	859 до 1193
Средняя работа на кругѣ катанія ведущихъ колесъ . НР.	—	613 до 735	695 до 941	444 до 585	781 до 1072
Отношеніе между работой, затрачиваемой механизмомъ, и работою на кругѣ катанія ведущихъ колесъ	—	0,135	0,07	0,066	0,10

Взявъ среднія цифры индикаторной мощности этихъ паровозовъ, принявъ для паровоза серіи 451 данныя, основанныя на дѣйствительной наблюденной изъ опыта полезной работѣ, получимъ:

Серія паровозовъ.	451	750	730	720	470
Индикаторная работа, поддерживаемая продолжительное время. . . НР.	670	820	950	560	1100

Отсюда уже получимъ сравнительныя данныя о мощности всѣхъ этихъ паровозовъ, принявъ за единицу мощность серіи 451:

Серія паровозовъ.	451	750	730	720	470
Относительная мощность	1	1,22	1,42	0,84	1,64

*) При повѣздахъ въ 1901 г. съ паровозами серіи 451 индик. диаграммы не снимались.

Сравненіе по рабочему вѣсу этихъ паровозовъ (безъ тендера и безъ угля въ ящикахъ серіи 470) даетъ слѣдующія отношенія:

Серіи паровозовъ.	451	750	730	720	470
Отношеніе вѣсовъ паровозовъ	1	1,35	1,18	1,12	1,27
Вѣсъ паровоза, приходящійся на 1 НР индикат. въ часъ, klg.	83	62	69	112	65

Такіе результаты для новыхъ паровозовъ серіи 730 и 470, спроектированныхъ Управленіемъ итальянскихъ казенныхъ дорогъ, соотвѣтствуютъ проектнымъ предположеніямъ и, что касается вѣса этихъ паровозовъ, оказались довольно удовлетворительными.

Расходъ угля.

Точно также оказались удовлетворительными и данныя о расходѣ угля этими паровозами серіи 730 и 470, какъ это видно изъ слѣдующей таблицы:

П а р о в о з ы .	4555	7534	7316	7206	4701	
Вѣсъ поѣзда (вагоновъ) . . тп.	115	141 до 167	138 до 177	110 до 126	204 до 272	
Расходъ угля за вѣсѣмъ количествомъ, нужнаго на заправку котла: въ klg.						
	на одну индикаторную паровую лошадь, въ часъ	—	1,52 до 1,94	1,49 до 1,77	2,4 до 3,0	1,62 до 2,0
	на одну полезную (на кружѣ тендера) лошадиную силу, въ часъ .	3,58	2,91 до 3,6	2,44 до 3,18	4,74 до 6,0	2,62 до 3,24
на тонну—километръ виртуальный—вѣса поѣзда	0,063	0,0487 до 0,0611	0,041 до 0,0514	0,0807 до 0,090	0,0423 до 0,053	

Меньшимъ расходомъ угля отличаются паровозы серій 730 и 470. Наибольшій вѣсъ поѣзда для серіи 730 не можетъ быть болѣе наибольшаго для серіи 451, такъ какъ сдѣльные вѣса ихъ почти одинаковы. Но такой поѣздъ можетъ вестись паровозомъ серіи 730 со скоростью $35-40 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ на подъемъ 25% , паровозомъ же серіи 451 или 420 только со скоростью $20 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$. Паровозы серіи 730 и 470 по сравненію со старыми паровозами типа 0—4—0 обладаютъ болѣею плавностью хода, болѣе возвышенною скоростью и лучшимъ вписываніемъ въ кривыя малыхъ радіусовъ. Паровозы серіи 730 должны замѣнить старые типы 0—4—0 и 0—3—0 въ службѣ по веденію тяжелыхъ товарныхъ поѣздовъ ускореннаго хода на линіяхъ легкаго профиля и пассажирскихъ поѣздовъ на линіяхъ тяжелаго профиля. Паровозы серіи 470 наоборотъ должны обслуживать поѣзда съ повышенной скоростью на линіяхъ съ крутыми подъемами и густымъ движеніемъ. Сила тяги этого паровоза позволяетъ тянуть поѣзда предѣльнаго вѣса безъ помощи подталкивающаго паровоза. Котель позволяетъ съ такимъ поѣздомъ поддерживать скорость $25-30 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$. Съ помощью паровозовъ серіи 470 удалось значительно увеличить провозную способность ланій, обслуживаемыхъ ими; и это увеличеніе провозной способности можетъ быть только немного менѣе той, которую можно ожидать отъ введенія электрической тяги.

Испытанія пассажирскихъ быстроходныхъ паровозовъ.

Изъ испытывавшихся четырехъ паровозовъ трое серій 630, 680 и 666 были съ насыщеннымъ паромъ, а четвертый серіи 640—съ перегрѣтымъ.

Испытывались слѣдующіе паровозы съ насыщеннымъ паромъ:

№ 6360 серіи 630 въ теченіе времени отъ 24 января до 16 февраля 1907 г.

№ 6801 серіи 680 въ теченіе времени отъ 7 мая до 14 августа 1907 г.

№ 6668 серіи 666 въ теченіе времени отъ 12 до 16 іюня 1908 г.

Опыты съ быстроходными паровозами не могли быть произведены по условіямъ текущей службы въ короткій промежутокъ времени, подобно опытамъ съ горными паровозами, но растянулись на нѣсколько мѣсяцевъ. Поэтому число поѣздовъ съ пассажирскими паровозами было сдѣлано много большее, чѣмъ съ гор-

ными. Кронѣ того, два паровоза 6801 и 64001 были испытаны на нѣсколькихъ линіяхъ.

Для испытаній былъ взятъ перегонъ Флоренція-Кіузи-Орте, туда и обратно, на линіи Флоренція-Римъ; Кромѣ того съ паровозомъ 6801 были сдѣланы поѣздки на линіи Флоренція-Болонья-Миланъ по специальному распisanію большой скорости на длинныхъ перегонахъ безъ остановокъ.

Перегонъ Флоренція-Кіузи-Орте, на которомъ производились испытанія паровозовъ и въ 1901 году (съ паровозами серій 500 R. A. и 180 bis R. A.), представляетъ слѣдующія преимущества: во Флоренці имѣетъ мѣстопребываніе Технической Отдѣлы и имѣются большія мастерскія, что удобно для всѣхъ необходимыхъ работъ по оборудованію опытныхъ паровозовъ и для случайныхъ измѣненій и переконструировокъ въ нихъ; кромѣ того, этотъ перегонъ съ очень пересѣченнымъ профилемъ, какъ большинство итальянскихъ линій, удобенъ для всестороннихъ испытаній скорыхъ паровозовъ, предназначаемыхъ, какъ для лвній равнинныхъ, такъ и для линій съ профилемъ средней трудности съ максимальнымъ подъемомъ почти 12⁰/₀₀.

Линія Флоренція-Орте идетъ сначала въ подъемъ, продолжающійся до Риньяно на Арно (28 klm), отъ 3 до 7⁰/₀₀; отъ Риньяно до Монтеварки (24,86 klm) идетъ равнинно; между Монтеварки Латерина—продолжительнымъ подъемомъ отъ 8 до 11⁰/₀₀; отъ Латерина до Кіузи (84,69 klm.)—смѣннано короткими подъемами 6⁰/₀₀ и длинными уклонами; затѣмъ идетъ горизонтально отъ Кіузи до Фикулле (16,89 klm.) и далѣе длинными уклонами отъ Фикулле до Орте съ подъемами отъ 8 до 11⁰/₀₀ въ первой части этого перегона Фикулле-Орвіето (39,33 klm.) и съ небольшими подъемами отъ Орвіето до Орте (42,25 klm.). Кривыя на равнинномъ перегонѣ отъ Латерина до Кіузи и Фикулле всѣ большого радіуса (отъ 600 до 1000 метр.), кривыя малаго радіуса (менѣе 500 м.) расположены въ преобладающемъ числѣ на остальныхъ перегонахъ и главнымъ образомъ вдоль Арно отъ Флоренці до Риньяно и на подъемахъ между Монтеварки и Латерина съ минимальнымъ радіусомъ 350 м.

Опытныя поѣздки на линіи Флоренція—Орте были произведены съ поѣздами обыкновенными скорыми и съ экспрессами (Lux) съ составами иногда совсѣмъ однородными.

Подвижной составъ состоялъ изъ вагоновъ на телѣжкахъ, частью старыхъ типовъ RA и RM, частью новаго типа FS и частью американскаго типа.

При испытаніяхъ съ быстроходными паровозами такъ же, какъ

и съ горными, максимальныхъ возможныхъ для этихъ паровозовъ мощностей достигнуть не удалось, вслѣдствіе пересѣченности профиля линіи, ограниченія скоростей по условіямъ состоянія верхняго строенія желѣзнодорожнаго пути и вслѣдствіе замедленій и остановокъ по росписанію и сверхъ росписанія. Только при поѣздахъ съ паровозомъ 6801 на линіи Болонья — Миланъ по спеціальному росписанію большой скорости можно было достигнуть предѣльной мощности: съ составомъ въ 311 тоннъ въ продолженіе около 10 минутъ поддерживалась скорость отъ 100 до 110 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ при цилиндровой мощности отъ 1450 до 1500 НР. Но такіе исключительные результаты интересны пока только, какъ могущіе потребоваться въ будущемъ, покаместъ же скорости по росписанію не нужны болѣе 90—95 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$.

Топливо при всѣхъ атихъ испытаніяхъ было обыкновенное такое, какъ для всѣхъ другихъ паровозовъ; оно состояло изъ смѣси (почти поровну) брикета національныхъ фабрикъ и угля кардифскаго и ньюпортскаго. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ парообразовательная способность этого топлива оказывалась слабою и горѣніе его было плохое (вслѣдствіе плохой выдѣлки брикета). Анализъ этого топлива далъ въ общемъ тѣ же цифры, что и для топлива горныхъ паровозовъ.

Опытъ съ паровозомъ № 6360.

Паровозы серіи 630 F. S., постройка которыхъ относится къ концу 1905 и началу 1906 годовъ, имѣются двухъ выпусковъ, отличающихся между собой только дымогарными трубами: ребристыми Серва у перваго выпуска и гладкими у второго; соотвѣтственно этому поверхности нагрѣва равны 175 и 125 м². Паровозы съ трубами Серва показали нѣсколько высшую парообразовательную способность и лучший коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла, но вмѣстѣ съ тѣмъ и болѣе быструю порчу трубчатой рѣшетки топви, вслѣдствіе большой жесткости ребристыхъ трубъ. Кромѣ того на нѣкоторыхъ ливняхъ съ жесткой, соленой водой стальные трубы Серва не пригодны, тавъ какъ быстро покрываются накипью и разѣдаются; дѣлать же ихъ латунными было бы слишкомъ дорого; въ этихъ случаяхъ вполне пригодны латунныя гладкія трубы.

Паровозъ № 6360, выбранный для опытовъ, принадлежитъ ко второму выпуску съ гладкими трубами. Этотъ паровозъ передъ

опытами уже несъ службу въ продолженіе 8 мѣсяцевъ. Опытныя поѣздки съ нимъ были исключительно на линіи Флоренція—Кіузи—Орте, туда и обратно.

Пять поѣздовъ изъ шестнадцати были съ поѣздами порожними, безъ пассажировъ. Росписаніе этихъ специальныхъ поѣздовъ было одинаковое съ росписаніемъ поѣздовъ Лих Неаполь — Берлинъ и Берлинъ—Неаполь, а также скорога поѣзда 508 Римъ—Флоренція—Миланъ.

Одною изъ важнѣйшихъ цѣлей при этихъ поѣздкахъ было изученіе наиболѣе рациональныхъ соотношеній между наполненіями обоихъ цилиндровъ, что было удобно выполнить при независимости парораспределеній обоихъ цилиндровъ.

Конусъ паровозовъ серіи 630 былъ переменный съ передвижными лопатками. При большомъ составѣ, на крутыхъ подъемахъ и днемъ, когда атмосферныя условія бываютъ болѣе благоприятныя, было принято затягивать конусъ до минимальнаго отверстія; при этомъ, конечно, увеличивалось количество золы въ дымовой коробкѣ и достигало 8—9⁰/₀ по вѣсу всего израсходованнаго количества топлива. Въ опытахъ съ другими быстроходными паровозами, снабженными постояннымъ конусомъ съ разбѣвательнымъ брускомъ или безъ него, было установлено, что при одинаковыхъ условіяхъ форсировки котла достигалось достаточное разбѣженіе въ дымовой коробкѣ при меньшей потерѣ топлива, мощность же котла была большею. Поэтому на нѣкоторыхъ паровозахъ серіи 630 конусъ былъ замѣненъ постояннымъ съ поперечнымъ брускомъ треугольнаго сѣченія, аналогичнымъ съ конусомъ паровозовъ серіи 640. Такое измѣненіе было произведено и въ паровозѣ № 6360 въ началѣ испытаній; результатъ получился вполне благоприятный.

Парообразование въ общемъ было во время испытаній довольно ограниченное, частью по указаннымъ уже обстоятельствамъ, частью по неблагоприятнымъ атмосфернымъ условіямъ въ періодъ отъ 24 января по 16 февраля 1907 года.

Въ продолженіе опытовъ не приходилось жаловаться на неисправности машины и котла паровоза 6360; опоздацій было мало; выяснилась только необходимость въ специальныхъ точныхъ измереніяхъ машинистамъ по рациональному управленію двойнымъ реверсомъ. Въ текущей службѣ съ персоналомъ, мало знакомымъ съ машиной этихъ паровозовъ, неумѣлое управленіе парораспределительнымъ механизмомъ давало вообще неудовлетворительные результаты; явоборотъ рациональное пользованіе имъ даетъ наибольшую мощность паровоза при наивысшемъ коэффициентѣ по-

лезнаго дѣйствія; при равномъ распредѣленіи движущей силы между обоими цилиндрами избѣгается большая часть случаевъ нагрѣва дышеля цилиндра высокаго давленія. Разсмотримъ нѣсколько случаевъ изъ практики съ составами отъ 200 до 260 тоннъ на продолжительномъ 10-ти тысячномъ подъемѣ: наиболѣе благопціятными соотношеніями между отсѣчками оказались 45% въ маломъ и 55% въ большомъ цилиндрахъ или 50% въ маломъ и 60% въ большомъ, которыя позволяли поддерживать скорость отъ 50 до 45 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ безъ чрезмѣрной форсировки котла; въ тавихъ условіяхъ при нормальномъ давленіи въ котлѣ и большомъ открытіи регулятора паровозъ развивалъ индикаторную мощность отъ 700 до 800 HP, поравну распредѣленную между обоими цилиндрами, и съ давленіемъ въ ресиверѣ около 4 атмосферъ. На равнинныхъ перегонахъ съ тѣми же составами и при скоростяхъ отъ 70 до 85 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ реверсы устанавливались на отсѣчки 40% въ маломъ и 60% въ большомъ цилиндрахъ, а при бѣльшихъ скоростяхъ—на 35% въ маломъ и 65% въ большомъ; открытіе регулятора въ этихъ случаяхъ было $\frac{2}{3}$ и $\frac{4}{5}$.

Максимальная скорость, достигнутая паровозомъ 6360, была 105 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ при сповойномъ ходѣ; вписываніе въ кривыя радиусовъ 350—500 метровъ было хорошимъ и при скоростяхъ 80 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ и болѣе.

При испытаніи въ 1901 году на этой же линіи паровоза серіи 180 bis R. A. (или 552 F. S.) съ котломъ почти равныхъ размѣровъ съ котломъ серіи 630 составъ поѣзда на перегонѣ Флоренція—Кіузи былъ наибольшій 222 тонны, между тѣмъ, какъ для паровоза 6360 вѣсъ поѣзда доходилъ до 265 тоннъ. Средняя скорость была почти та же. Разница въ вѣсѣ поѣзда была меньше при поѣздахъ въ обратномъ направленіи Кіузи—Флоренція, благодаря болѣе легкому профилю, на которомъ паровозъ съ двумя спаренными осями могъ имѣть большій составъ. Составы были 271 тонна для паровоза серіи 552 и 304 тонны для серіи 630.

Мощности обоихъ паровозовъ оказались одинаковыми, коэффициенты полезнаго дѣйствія точно несравнимы между собой, такъ какъ поѣздки съ паровозомъ 6360 были на перегонѣ Флоренція—Орте, между тѣмъ, какъ въ 1901 году поѣздки ограничивались перегономъ Флоренція—Кіузи. Для скорыхъ поѣздовъ съ малыми остановками на равнинныхъ участкахъ оба паровоза оказались эквивалентными; для профиля средней трудности и для поѣздовъ съ частыми трогавшіи съ мѣста паровозъ 6360 оказался замѣтно лучше, благодаря третьей спаренной оси.

Опыты съ паровозомъ № 6801.

Опыты съ паровозомъ № 6801 происходили въ періодъ времени отъ 7 мая по 14 августа 1907 года съ перерывомъ на июль мѣсяць.

На линіи Флоренція—Орте поѣздки были въ теченіе времени отъ 7 по 25 мая и совершались, какъ съ паровозомъ 6360, съ поѣздами скорыми и Лух по обыкновенному росписанію. Всѣ поѣзды были всегда болѣе 300 тоннъ, чаще всего 350 тоннъ. Съ поѣздомъ Лух Берлинъ—Неаполь, съ составомъ въ 350 тоннъ скорость была отъ 45 до $50 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ на подъемѣ Монтеварви—Латерина и $90 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ на остальномъ перегонѣ до Орте.

Затѣмъ, паровозъ 6801 испытывался на линіи Болонья—Миланъ со спеціальными поѣздами ускореннаго хода съ цѣлью изученія условій хода предполагавшихся на этой линіи ускоренныхъ, безъ остановокъ на длинныхъ перегонахъ, поѣздовъ. На этой линіи паровозъ развилъ наибольшія скорости и мощность. Во время поѣздки 27 сентября 1907 года отъ Пармы до Пьяченцы съ поѣздомъ въ 249 тоннъ (изъ вагоновъ на телѣжкахъ новаго типа, вѣсомъ 27—27,5 тоннъ) скорость доходила до $118 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$. Во время поѣздки 8-го августа 1907 г. на равнинной линіи Болонья—Миланъ съ одной только остановкой въ Пьяченца на первой половинѣ опытнаго перегона средняя скорость полного хода была $94,7 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$; составъ вѣсомъ въ 311 тоннъ состоялъ изъ вагоновъ новаго типа на телѣжкахъ; средняя полезная работа была 600 НР, средняя индикаторная—1000 НР. На полномъ ходу скорость измѣнялась отъ 90 до $110 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$, полезная работа—отъ 500 до 800 НР, индикаторная работа—отъ 850 до 1500 НР.

Въ общемъ паровозъ 6801 вполне оправдалъ проектныя предположенія; эта серія назначена теперь нести службу по тягѣ быстроходныхъ поѣздовъ большого вѣса на главныхъ линіяхъ.

При этомъ паровозѣ такъ же, какъ и при № 6360, необходимо особенное знаніе по обращенію съ двумя реверсами. Отсѣчки болѣе употребительныя были 40—45% въ малыхъ и 60—75% въ большихъ цилиндрахъ на равнинныхъ участкахъ со скоростями отъ 60 до $90 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ и 50—60% въ малыхъ и 70—75% въ большихъ цилиндрахъ при малыхъ скоростяхъ на участкахъ тяжелаго профиля.

Затѣмъ, паровозъ 6801 сдѣлалъ еще одну поѣздку по спеціальному ускоренному росписанію днемъ 7 іюня 1907 года съ поѣздомъ въ 298 тоннъ на перегонѣ Флоренція—Болонья. Перегонъ Флоренція—Пистоіа (33 klm) былъ пройденъ въ 27 минутъ, включая сюда и замедленіе до $50 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ на станціи Прато; отъ этой станціи поѣздъ шелъ уже съ подталкивающимъ паровозомъ серіи 470, и подъемъ Пистоіа—Пракнія былъ пройденъ въ 42 минуты безъ остановокъ со среднею скоростью $35,5 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$; затѣмъ, отъ Пракнія до Порретта перегонъ сдѣланъ въ 20 минутъ со среднею скоростью въ $50 \frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ съ одной остановкой по росписанію; отъ Порретта до Болоньи потребовалось времени 1 часъ 2 мин. 10 сек., включая два предупрежденія и одно замедленіе хода по случаю работъ по ремонту пути и одну остановку по росписанію.

Опыты съ паровозомъ № 6668.

Опыты съ паровозами серіи 666, построенными заводомъ Бальвина въ Филадельфіи по его собственнымъ проектамъ, должны были имѣть мѣсто непосредственно послѣ опытовъ съ паровозомъ № 6801, но оказалось необходимымъ предварительно сдѣлать довольно значительный ремонтъ всѣмъ десяти паровозамъ, такъ что испытанія этой серіи отодвинулись до іюня 1908 года, т. е. послѣ опытовъ съ паровозомъ серіи 640.

Паровозъ № 6668 былъ выбранъ для опытовъ, какъ наиболѣе исправный, и испытывался на линіи Флоренція—Орте въ періодъ отъ 12 до 16 іюня 1908 года. По краткости времени не пришлось собрать многихъ свѣдѣній, необходимыхъ для детальнаго изученія. Никакихъ особенныхъ недостатковъ въ конструкціи паровоза во время опытовъ не обнаружили, такъ какъ почти всѣ дефекты плохой постройки этихъ паровозовъ были уже устранены во время ихъ предыдущей практической службы. Вообще же паровозъ показалъ хорошія практическія качества и, главнымъ образомъ, прочностъ и простоту его движущаго механизма. Кремъ того не приходилось жаловаться и на нагрѣвъ всякихъ подшипниковъ, такъ какъ они состоятъ исключительно изъ бронзы безъ всякихъ заливокъ антифрикціоннымъ металломъ, при чемъ смазка была только хорошими минеральными маслами, какъ вообще для всего подвижнаго состава итальянскихъ дорогъ.

Машина этихъ паровозовъ симметричная четырехцилиндровая

уравновѣшенная компаундъ. Парораспредѣленія большихъ цилиндровъ неизмѣнно связаны съ парораспредѣленіями малыхъ, такъ какъ для каждой группы малаго и большого цилиндровъ имѣется одинъ золотникъ. Соотношеніе между степенями наполненія принято такое, чтобы при нормальной работѣ паровоза при скоростяхъ отъ 70 до $85 \frac{\text{klm.}}{\text{hr.}}$ работа распредѣлялась поровну между малыми и большими цилиндрами; для скоростей меньшихъ и большихъ, чѣмъ нормальныя, конечно, работа распредѣлится между цилиндрами другимъ образомъ.

Изъ опытовъ а также и изъ текущей службы выяснилось, что, несмотря на нѣкоторые дефекты конструкціи, котель этихъ паровозовъ отличается достаточною парообразовательною способностью и легкимъ веденіемъ огня. Съ поѣздомъ вѣсомъ въ 320 тоннъ на подъемѣ 9% въ среднемъ между Монтеварки и Латерина поддерживалась безъ форсирован средняя скорость $40 \frac{\text{klm.}}{\text{hr.}}$, на остальномъ же перегонѣ до Орте—средняя скорость $80 \frac{\text{klm.}}{\text{hr.}}$.

Испытанія быстроходнаго пассажирскаго паровоза № 64001 съ перегрѣтымъ паромъ.

Быстрое распространеніе паровозовъ съ перегрѣтымъ паромъ и ихъ многія преимущества заставили Управление итальянскихъ казенныхъ дорогъ испробовать примѣненіе перегрѣтаго пара на итальянскихъ паровозахъ. Въ октябрѣ 1906 года заводу бывшему Шварцкопфа въ Берлинѣ было поручено спроектировать примѣненіе пароперегрѣвателя В. Шмидта „въ жаровыхъ трубахъ“ въ паровозамъ типа серіи 630 F. S. съ соотвѣтственнымъ измѣненіемъ котла и принятіемъ простой двоенной машины. Было заказано 24 паровоза этой новой серіи 640; затѣмъ этотъ же заводъ строилъ и слѣдующіе 24 паровоза этой серіи, заказанные послѣ выясненія хорошихъ результатовъ службы первыхъ паровозовъ съ пароперегрѣвателями.

Первый паровозъ серіи 640 № 64001 былъ готовъ въ ноябрѣ 1907 года и переданъ на участокъ во Флоренцію; онъ пробылъ нѣкоторое время въ текущей службѣ и паровозная бригада успѣла освоиться съ его особенностями и условіями его экономичной службы.

Опыты съ паровозомъ 64001 были начаты на линіи Флоренція-Кіузи-Орте 18 февраля 1908 года и продолжались по 28 марта;

10-го апрѣля паровозъ былъ переведенъ въ Болонью и нѣсколько дней служилъ для тяги курьерскихъ поѣздовъ между Болоньей и Миланомъ; въ дни 23 и 24 апрѣля были произведены двѣ поѣздки между Миланомъ и Туриномъ по спеціальнымъ росписаніямъ безъ всякихъ остановокъ съ цѣлью изученія условій предполагавашагося ускореннаго сообщенія между этими городами. На линіи Флоренція-Кіузи-Орте опытные поѣздки совершались съ поѣздами Lux и курьерскими съ вагонами на телѣжкахъ; на линіи Миланъ-Болонья — съ курьерскими поѣздами, состоявшими частью изъ 3-хъ осныхъ вагоновъ, частью изъ вагоновъ на телѣжкахъ; на линіи Миланъ-Туринъ — со спеціальными поѣздами съ вагонами только на телѣжкахъ.

Веденіе паровоза 64001 за все время опытовъ не показало никакихъ трудностей и недостатковъ. Цилиндрическіе золотники съ нирокими разнѣнными кольцами не давали ненормальнаго пропуска пара и не нагрѣвались.

Было выяснено, что условія наилучшаго использованія перегрѣтаго пара при нормальныхъ составѣ и скорости осуществяются при довольно высокой степени наполненія 35—40%, но при регуляторѣ открытомъ только на $\frac{1}{2}$ или около $\frac{2}{3}$; при этомъ давленіе въ золотниковой коробѣ не превышаетъ 8 атмосферъ, и высокая температура пара поддерживается легче.

Изъ опытовъ выяснилось, что при усиленной работѣ паровоза уменьшался расходъ воды на единицу работы, что соответствовало, конечно, ходу паровоза съ большею степенью перегрѣва. При этомъ меньшій коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла при его форсированіи съ избыткомъ вознаграждался большимъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія работы высокоперегрѣтаго пара въ цилиндрахъ. Основываясь на такихъ результатахъ, для паровозовъ серіи 640 назначаются составы поѣздовъ почти на 10% тяжелѣе составовъ для паровозовъ серіи 630.

Паровозъ 64001 могъ тянуть по подъему около 9‰ между Монтеварки и Латерина поѣздъ вѣсомъ 304 тонны со скоростью $50 \frac{\text{km.}}{\text{hr.}}$; при ходѣ въ другомъ направленіи па длинномъ подъемѣ 10‰ между Аллерона и Фикулле съ поѣздомъ въ 307 тоннъ скорость была $40 \frac{\text{km.}}{\text{hr.}}$. Мощность, развитая въ цилиндрахъ, была въ этихъ случаяхъ отъ 1000 до 1050 HP безъ особой форсировки котла: давленіе пара и уровень воды въ водомѣрномъ стеклѣ держались хороню. Точно также и на равнинной линіи Миланъ-Болонья паровозъ 64001 развилъ значительную работу: съ обыкновеннымъ курьерскимъ поѣздомъ 505 между Модена и

Болоња (37 km.) съ составомъ 415 тоннъ средняя скорость была 70 $\frac{\text{km.}}{\text{hr.}}$; работа была отъ 1000 до 1050 HP.

Поѣздки между Миланомъ и Туриномъ съ поѣздомъ 250 тоннъ показали пригодность этого паровоза для длинныхъ перегоновъ безъ остановокъ; къ сожалѣнiю, при этихъ поѣздкахъ, благодаря условiямъ пути, скорости были ограничены и паровозъ еще не использовалъ всей возможной для него мощности.

Результаты и сравненiя.

Парообразование и коэффициентъ полезнаго дѣйствiя котла.

Въ слѣдующей таблицѣ даны результаты опытовъ въ отношенiи парообразования и полезнаго дѣйствiя котловъ быстроходныхъ паровозовъ и для сравненiя результаты опытовъ 1901 года.

Паровозы.	5547 (бывш. 1801 R.A)	6701 (бывш. 3701 R.A)	6360	6801	6668	61001
Среднее парообразование въ часъ klg.	6410 до 7870	7420 до 9040	5150 до 7760	8790 до 11100	6660 до 7910	4710 до 6730
Парообразование въ часъ съ 1 м. ² поверхности нагрѣва klg.	40,5 до 49,5	44,5 до 54,2	41,2 до 62,0	40,0 до 49,4	33,4 до 39,4	46,0 до 62,1
Парообразование на 1 klg. угля . klg.	6,9 до 7,0	6,3 до 6,7	6,5 до 7,4	6,7 до 7,7	6,3 до 8,3	5,7 до 7,7
Количество угля, сжигаемое въ часъ klg.	860 до 980	1120 до 1160	638 до 995	842 до 1385	812 до 1020	658 до 1020
Количество угля, сжигаемое въ часъ на 1 м. ² площади колосн. рѣшетки. klg.	360 до 420	374 до 387	263 до 410	242 до 396	299 до 375	271 до 420
Отношенiе между поверхностью нагрѣва и площадью колосн. рѣшетки .	67	56	52	63	74	45

Для паровоза 64001 данные о парообразовании относятся к пару средней температуры 310°.

Парообразование паровоза 6360 при первых поездах было слабое, благодаря недостаткам конструкции переменного конуса, и только после переделки его на постоянный парообразование значительно улучшилось.

Парообразование котла паровоза 6801, одинакового во всем с котлом горного паровоза серии 470, было значительно слабее, чем парообразование паровоза 4701, именно максимум 11100 кг., вместо 15750 кг., как было у последнего; это объясняется тем, что поезда с горным паровозом 4701 на перегон Пшетоа-Пракия не продолжались обыкновенно больше часа, и в продолжение небольшого промежутка времени между остановками можно было поддерживать форсированную работу котла; наоборот, паровоз 6801 совершал поезда на значительно больших перегонах без промежуточных остановок.

Мощность и полезное действие машины.

Паровозы.	5547 (бывш. 1801 R.A.)	6701 (бывш. 3701 R.A.)	6360	6801	6668	64001
Расход пара на 1 индикат. силу в час кг.	11,8 до 13,0	10,2 до 13,0	9,7 до 13,8	10,3 до 13,6	12,8 до 15,2	8,1 до 13,0
Средняя индикат. мощность . . . HP.	570 до 650	700 до 860	488 до 668	750 до 1090	541 до 622	536 до 886
Средняя мощность на кругъ катания ведущих колесъ . HP.	542 до 618	648 до 796	446 до 630	708 до 990	485 до 579	517 до 773
Среднее отношение между работой, затрачив. механизм., и работой на кругъ кат. в. кол.	0,050	0,075	0,090	0,060	0,084	0,099

Для точной оценки этих цифр необходимо принять во внимание следующее:

- 1) Величина средней индикаторной работы представляет

дѣйствительный результатъ опытовъ и получена изъ діаграммъ работы и силы тяги на тяговомъ крюкѣ тендера помноженіемъ этихъ послѣднихъ величинъ на отношеніе между индикаторной работой по индикаторнымъ діаграммамъ и работою на крюкѣ тендера.

2) Величина средней эффективной работы на кругъ катанія ведущихъ колесъ получена, какъ разность работы на крюкѣ тендера, полученной изъ динамометрическихъ діаграммъ, и работы, затрачиваемой на передвиженіе паровоза и тендера и полученной расчетомъ.

За неимѣніемъ возможности измѣрить дѣйствительное сопротивленіе паровоза и тендера за каждую поѣздку, расчетъ сопротивленія паровоза и тендера разсчитанъ по гипотезѣ, достаточно достовѣрной, какъ первое приближеніе, что сопротивленіе паровоза и тендера, какъ экипажа, равно на единицу вѣса сопротивленію вагоновъ, наблюдавшемуся во время даннаго опыта; при этомъ къ сопротивленію паровоза прибавляется сопротивленіе воздуха на лобовую поверхность Ω паровоза, разсчитанное по формулѣ Aspirall'a:

$$K\Omega = 0,00567 v^2\Omega.$$

3) Паровозъ 6668 при маломъ сравнительно числѣ опытныхъ поѣздокъ не развилъ всей возможной для него мощности.

Изъ индикаторныхъ, динамометрическихъ и тахиметрическихъ діаграммъ получили, что мощность паровозовъ измѣнялась въ продолженіе хода ихъ въ слѣдующихъ предѣлахъ:

Паровозы.	5547	6701	6360	6801	6668	64001
Индикаторн. мощность во время полнаго хода . . . НР.	700 до 800	870 до 1100	700 до 800	950 до 1400	700 до 850	800 до 1000

Въ слѣдующей таблицѣ даны сравнительныя данныя о вѣсѣ в мощности изъ опытовъ и службы этихъ шести серій паровозовъ.

Серии паровозовъ.	552	670		630		680	666	640
		съ гладк. дымогар. труб.	съ ребр. дымогар. труб.	съ гладк. дымогар. труб.	съ ребр. дымогар. труб.			
Всѣхъ паровоза въ рабочемъ состояніи (безъ угля на пар. 670) . . . тп.	48,3	65,9	66,8	55,0	55,0	70,0	65,7	54,5
Поверхность нагрѣва (за исключен. поверхн. пароперегрѣв. паровоза 640) м ²	159,3	152,4	211,4	125,0	175,0	220,3	201,2	108,3
Отношеніе поверхн. нагрѣва и площади колосник. рѣшетки	67	51	70	52	72	63	74	45
Индикаторная, которая можетъ поддерживаться продолж. время	750	1000	1070	800	860	1200	900	950
Мощность въ НР. На 1 тонну вѣса.	15,5	15,2	16,0	14,6	15,6	17,1	13,7	17,4
На 1 м ² поверхности нагрѣва	4,7	6,5	5,0	6,4	4,9	5,4	4,5	8,8
Отношеніе по мощности всѣхъ паровозовъ, считая за 1 мощн. паров. сер. 552	1,0	1,33	1,43	1,06	1,15	1,60	1,20	1,27

Расходъ угля.

Въ слѣдующей таблицѣ даны свѣдѣнія о расходѣ угля во время опытныхъ поѣздовъ на линіи Флоренція—Кіузи—Орте и обратно.

Паровозы.	5547	6701	6360	6801	6668	64001		
Всѣхъ поѣзда (вагоновъ) тп.	220 до 271	355	192 до 305	315 до 354	294 до 318	218 до 319		
Расходъ угля (за вычетомъ количества, нужнаго на заправку котла): въ кіг.	На 1 полезную силу на крюкѣ тендера	2,65 до 2,79	2,65	2,06 до 3,25	2,14 до 2,78	2,66 до 3,44	1,90 до 2,78	
		На 1 индикаторн. силу	1,72 до 1,87	1,81 до 1,82	1,32 до 1,86	1,46 до 1,92	1,66 до 2,19	1,23 до 1,70
			На тонну—километръ вѣса поѣзда	0,057 до 0,060	0,048 до 0,049	0,042 до 0,062	0,040 до 0,048	0,040 до 0,053

*Сравнительныя данныя о текущей службѣ паровозовъ
серіи 630 и 640.*

Интересны сравнительныя данныя о текущей службѣ двухъ паровозовъ серіи 630 и трехъ серій 640 весною 1908 года на участіи Туринѣ въ одинаковыхъ условіяхъ службы и содержанія, при чемъ всѣ паровозы имѣли одинаковые конусы (постоянные съ діаметромъ отверстія 130 мм. и съ разбѣвительныи брусомъ 8 мм. шириною). Паровозы серіи 630 были №№ 6341 и 6349 съ трубами Серва, только что вышедшіе изъ средняго ремонта; паровозы серіи 640 были №№ 64005, 64006 и 64009, всѣ новые.

Было замѣчено преимущество серіи 640 въ томъ, что эти паровозы съ болышею легкостью поддерживали болышую мощность на длинныхъ перегонахъ безъ остановокъ, давали меньшій расходъ воды и менѣе быстрое пониженіе уровня воды въ стеклѣ котла. Полезное дѣйствіе всѣхъ пяти паровозовъ въ результатѣ было почти одинаковое съ нѣкоторымъ преимуществомъ серіи 640. Въ слѣдующей таблицѣ даны сравнительныя данныя о расходѣ угля этими пятью паровозами за время ихъ службы въ одинаковыхъ условіяхъ при Туринскомъ депо.

№№ паровозовъ.	Дѣйствит. про- бѣгъ. км.	Отношеніе про- бѣговъ виртуаль- наго къ дѣйствит.	Время, затрачен- ное на проходъ 100 км., минуты.	Средній вѣсъ по- ѣзда (вагоновъ) tn.	Расходъ угля въ кг.	
					На 1 км. дѣйствит. проб.	На 1 tn.— км. вирту- альн.—въ са поѣзда.
6341	17393	1,23	70	190	10,98	0,0165
6349	18024	1,23	68	186	11,04	0,0484
64005	18746	1,23	64	190	10,57	0,0452
64006	17671	1,23	69	194	10,76	0,0453
64009	18058	1,23	66	187	10,95	0,0474

2. Новѣйшіе четырехцилиндровые быстроходные паровозы системы компаундъ французской желѣзной дороги Paris—Orléans.

Паровозы типа 2—3—0 (серіи 4001 до 4084) начали службу въ 1903 году. Эти паровозы типа Де-Глена съ независимыми парораспределеніями обѣихъ группъ цилиндровъ. Они были предназначены для обслуживанія поѣздовъ на линіи Парижъ—Туръ вѣсомъ отъ 352 до 492 тоннъ со среднею скоростью хода, за вычетомъ остановокъ, отъ 77 до $88 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$. Въ этихъ условіяхъ паровозы развиваютъ отъ 867 до 1080 индикаторныхъ свѣль и отъ 587 до 668 полезныхъ силъ на крюкѣ тендера при условіи интенсивности горѣнія около 500 кг на 1м^2 площади колосниковой рѣшетки. Теплопроизводительная способность угля была въ среднемъ 7500 валорій. Въ настоящее время для увеличивающейся скорости поѣздовъ и особенно при постановкѣ этихъ паровозовъ на линію очень труднаго профиля Парижъ—Монтобанъ—Тулуза они оказались слабыми. Названная линія имѣетъ слѣдующій профиль: на перегонѣ Монтобанъ—Шатору расположены многочисленные и длинные подъемы въ 10⁰/₀, съ кривыми наименьшаго радіуса 500 метровъ; между Бривъ и Лиможемъ подъемъ 10⁰/₀₀ продолжается почти на 40 км непрерывно. Росписаніе для скорыхъ поѣздовъ рассчитано на номинальную скорость до $75 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$ на перегонѣ, избилующемъ 10-тысячными подъемами, т. е. поѣздъ на этихъ подъемахъ долженъ итти съ дѣйствительною скоростью отъ 55 до $60 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$. Наибольшій вѣсъ скорога поѣзда назначенъ въ 320 тоннъ.

Въ дѣйствительности такія условія оказались слишкомъ тяжелыми для паровозовъ: парообразование было недостаточнымъ и правильное регулярное выполненіе росписанія оказалось невозможнымъ. Были предприняты опыты съ этими паровозами серіи 4000 на перегонѣ Бривъ—Лиможъ. Опытныя поѣздки со специальнымъ поѣздомъ въ 320 тоннъ, съ динамометрическимъ вагономъ производились нѣсколько дней. Въ результатъ выяснилось, что на сплошномъ подъемѣ между Алассака и Лапоршери (40 км) трудно превысить среднюю скорость въ $52 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$, развивая при этомъ 1048 *HP* на окружности катанія ведущихъ колесъ и 933 *HP* крюкѣ тендера, и то при чрезмѣрной напряженности горѣнія до 831 кг . угля въ 1 часъ на 1м^2 площади рѣшетки. Въ отдѣльныхъ случаяхъ скорость на подъемѣ доходила и до $55 \frac{\text{км}}{\text{чр}}$ при

мощности въ 1125 *HP* на окружности ведущихъ колесъ и въ 786 *HP* на вѣрвѣ тендера при сгораніи до 920 *kg.* угля въ часъ на 1^м площади рѣшетки. При условіи такого напряженія огня сильно падалъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла: парообразовательная способность угля упала до 5,47 *kg.* пара на 1 *kg.* угля и даже ниже до 5 *kg.*; между тѣмъ при сгораніи 500 *kg.* угля въ часъ на 1^м рѣшетки парообразование было около 8 *kg.* на 1 *kg.* угля. Топливо состояло изъ отборнаго угля (50⁰/₀ брикета и 50⁰/₀ крупнаго кардифскаго угля).

На основаніи всего этого былъ спроектированъ новый типъ болѣе мощнаго паровоза, именно типъ Pacific. Паровозы серіи 4500 (№№ 4501 до 4570) типа 2—3—1 были построены заводомъ „Société Alsacienne de constructions mécaniques“ въ 1907 году. Они, подобно предыдущей серіи, четырехцилиндровые компаунды типа Де-Гленъ. Въ виду успѣшности опытовъ съ пароперегрѣвателями Шмидта, производившихся въ послѣдніе годы во Франціи (между прочимъ и Орлеанской Компаніей), въ настоящее время заказанъ тому же заводу къ поставкѣ въ 1910 году еще новый типъ паровоза серіи №№ 4571—4600, отличающійся отъ типа 4500 примѣненіемъ пароперегрѣвателя системы В. Шмидта „въ жаровыхъ трубахъ“ и большимъ діаметромъ цилиндровъ высокаго давленія. Въ слѣдующей таблицѣ помѣщены основныя данныя этихъ трехъ серій паровозовъ.

СЕРІИ ПАРОВОЗОВЪ.		№№ 4001—4084 поставлены въ 1903 г.	№№ 4501—4570 поставлены въ 1907 г.	№№ 4571—4600 заказаны въ по- ставкѣ въ 1910 г.
Типъ	—	2—3—0	2—3—1	2—3—1
Давленіе пара въ котлѣ . . .	<i>kg.</i> см ² .	16	16	16
Площадь колосниковой рѣ- шетки	м ² .	3,10	4,27	4,27
Внутренняя по- верхность вагрѣва:	топки . . .	м ² . 16,7	15,37	15,37
	дымог. трубъ	м ² . 223,23	241,88	195,70
	полная . . .	м ² . 239,4	257,25	211,07
Поверхность пароперегрѣва- теля	м ² .	—	—	62,60

СЕРИИ ПАРОВОЗОВЪ.		№№ 4001—4084 поставлены въ 1903 г.	№№ 4501—4570 поставлены въ 1907 г.	№№ 4571—4600. заказаны къ по- ставкѣ въ 1910 г.					
Общая поверхность нагрева и перегрѣв.	м ² .	239,4	257,25	273,67					
Отношеніе между общей по- верхностью нагрева и пло- щадью колосниковой рѣ- шетки	—	77,2	60,2	64,0					
Длина дымогарныхъ трубъ между рѣшетки	мм.	4400	5900	5900					
Диаметръ дымогарныхъ трубъ	мм.	$\frac{65}{70}$ Serve.	$\frac{50}{55}$ гладк.	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td>жаров.</td> <td>125</td> </tr> <tr> <td>дымог.</td> <td>$\frac{50}{55}$ гладк.</td> </tr> </table>	{	жаров.	125	дымог.	$\frac{50}{55}$ гладк.
{	жаров.	125							
	дымог.	$\frac{50}{55}$ гладк.							
Диаметръ цилиндровъ: {	высокаго давл.	мм.	360	390	420				
	низкаго давл.	мм.	600	640	640				
Ходъ поршня	мм.	640	650	650					
Отношеніе объемовъ цилин- дровъ	—	2,78	2,68	2,32					
Золотники цилиндровъ: {	высокаго давл.	—	плоскія уравнив.	цилиндрич.	цилиндрич.				
	низкаго давл.	—	плоскіе.	плоскіе.	плоскіе.				
Перекрыши золотниковъ: {	наружная . .	мм.	54	54	54				
	внутренняя . .	см.	— 6	— 6 в. д.; — 10 н. д.	— 6 в. д.; — 10 н. д.				
Наибольшій ходъ золотника .	мм.	140	144	144					
Диаметръ спаренныхъ колесъ	мм.	1850	1850	1850					
Вѣсъ па- ровоза: {	въ рабочемъ сост.	тп.	75,30	90,00	91,45				
	сдѣшной	тп.	54,60	52,305	53,055				

Тендера всѣхъ трехъ серій трехосные съ запасомъ воды 20м³ и вѣсомъ въ нагруженномъ состояніи 45,98 тоннъ. Котлы новыхъ серій значительно отличаются отъ котла серіи 4000 размѣрами, типомъ топки и замѣной ребристыхъ дымогарныхъ трубъ гладкими. Для увеличенія площади колосниковой рѣшетки пришлось ее значительно уширить, такъ какъ дѣлать ее длиннѣе 3,1 м. уже нельзя. При этомъ топка, конечно, должна быть широкаго типа помещаемая поверхъ рамъ и колесъ. Чтобы, однако, сохранить всѣ пре-

имущества глубокой топки въ смыслѣ утилизаціи топлива, сдѣлали топку въ ея передней части глубокою, опускающеюся между рамъ, заднюю же ея часть, поднимающуюся надъ рамами, значительно уширили; ширина колосниковой рѣшетки спереди равна 985 мм., сзади—1.880 мм. Конусъ этихъ паровозовъ переменннй типа Nord.

Текущая служба показала, что новая серія 4500 по своей мощности удовлетворяетъ самымъ тяжелымъ условіямъ службы. Кромѣ того даже при одинаковой службѣ съ паровозами серіи 4000, когда, казалось бы, новые паровозы не вполне утилизируются, они все-таки дали замѣтную экономію (отъ 5 до 10%) въ топливѣ по сравненію съ серіей 4000.

Въ январѣ и февралѣ 1908 года былъ произведенъ цѣлый рядъ опытныхъ поѣздокъ съ динамометрическимъ вагономъ для испытанія паровоза Pacific № 4502, прослужившаго передъ тѣмъ около шести мѣсяцевъ. Эти поѣздки производились съ поѣздами текущего распisanія, достаточно тяжелыми на перегонѣ Вьерзонъ-Лиможъ-Бривъ. Особенно обращалось вниманіе на изученіе условій тяги ночного курьерскаго поѣзда между Бривъ и Лиможъ.

Топливо состояло изъ смѣси 50% бривета и 50% кардифскаго угля. Результаты этихъ опытовъ приведены въ слѣдующей таблицѣ (см. на оборотѣ).

Въ слѣдующей таблицѣ (см. стран. 167) сдѣлано сравненіе данныхъ о работѣ паровоза № 4502 изъ указанныхъ уже опытовъ на перегонѣ Бривъ-Лапоршери съ данными о работѣ паровоза № 4008 серіи 4000 на томъ же перегонѣ во время опытовъ въ ноябрѣ 1905 года.

Наибольшая индикаторная мощность 2056 HP (1137 въ малыхъ цилиндрахъ и 919 въ большихъ) была достигнута паровозомъ № 4502 при скорости $102 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ при наполненіи 50% въ малыхъ цилиндрахъ и 60% въ большихъ, при полномъ открытіи регулятора и открытіи конуса на 0,6 максимальнаго сѣченія.

Обыкновенно пользовались наполненіями $\frac{45}{60}$, $\frac{50}{60}$, $\frac{60}{65}$ и $\frac{70}{70}$ при полномъ открытіи регулятора.

3. Выстроходный паровозъ типа 2—3—0 съ пароперегрѣвателемъ системы В. Шмидта „въ жаровыхъ трубахъ“ Прусскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ.

Паровозы этого типа начали службу въ 1906 году; построены они по проекту Р. Гарбе заводомъ „Berliner Maschinenbau A.-G.“ (бываіи Шварцкопфа). Паровозы предназначены для обслуживанія

Дата.	№ поѣзда.	Скорость.		Работа средняя.		Работа наибольшая.		Расходъ воды на 1 НР въ часъ.		Расходъ пара на 1 НР въ часъ.		Расходъ угля.	
		Сред. дѣловат. ния.	Сред. ходъ.	На крюкъ тендера.	На крюкъ катания вѣдущихъ колесъ.	На крюкъ тендера.	На крюкъ катания вѣдущихъ колесъ.	Расходъ воды на 1 НР въ часъ.	Парообразователныя способн. угля.	На 1 м ² .	Площадь колосникъ рѣшетки въ часъ.	На 1 м ² .	На 1 НР.
В р и в ь — Л а п о р ш е р и .													
25/1 08	6002	33,6	—	611	788	—	—	11,58	7,5	285	1,54		
28/1 08	6002	34,25	—	656	839	—	—	10,77	8,34	255	1,29		
30/1 08	2386	25,36	—	502	632	—	—	11,61	8,88	194	1,31		
Л и м о ж ь — В и е р з о н ь и о б р а т н о .													
31/1 08	50	72,02	—	320	664	—	—	11,53	7,88	298	1,46		
1/II 08	5	67,50	—	613	954	—	—	10,96	7,12	344	1,54		
Л и м о ж ь — Л а п о р ш е р и .													
3/II 08	5	53,45	—	620	944	—	—	13,61	7,42	407	1,83		
4/II 08	5	58,23	—	720	1098	—	—	14,15	7,18	505	1,97		
5/II 08	5	56,71	63,80	706	1060	1190	1762	13,66	7,62	446	1,79		
6/II 08	5	57,54	61,90	735	1097	1179	1724	13,10	6,75	499	1,94		
7/II 08	5	57,50	63,80	733	1094	1198	1770	12,15	6,89	453	1,76		
В р и в ь — Л а п о р ш е р и .													
4/II 08	4	52,7	—	670	1010	—	—	12,93	7,8	387	1,85		
5/II 08	4	60,0	73,8	810	1220	1230	2028	13,55	7,48	529	1,86		
6/II 08	4	59,9	63,4	842	1250	990	1487	13,39	7,85	528	1,82		
7/II 88	4	55,2	58,9	858	1217	1010	1453	12,93	7,22	510	1,79		
8/II 08	4	55,5	58,4	915	1274	1070	1507	13,15	7,00	561	1,88		

		Паровозъ № 4008.				Паровозъ № 4502.								
		Спеціальныи поездъ М. Бривъ-Лагоршери.				Поездъ 4. Бривъ-Лагоршери.								
Вѣсъ вагоновъ, tn		320	320	320	320	320	320	320	320	348	363	394	415	
Средняя мощность въ НР:	{ На крюкъ тендера .	670	698	694	693	670	670	810	858	915	810	842	858	915
		952	1027	1030	1027	1010	1010	1220	1217	1274	1220	1250	1217	1274
Средняя скорость	{ км. / hr.	52,6	54,2	55,2	55,0	52,7	52,7	60,0	55,2	55,2	59,9	55,2	55,5	
Расходъ воды (kg.) на 1 НР на обр. вед. кол.		14,26	13,66	13,88	13,37	12,93	12,93	13,85	12,93	12,93	13,39	12,93	13,15	
Расходъ угли въ часъ (kg.).	{ на 1 м ² пл. кол. рѣш. на 1 НР. на окр. вед. к.	811	786	789	830	387	387	529	510	561	528	510	561	
		2,64	2,55	2,37	2,51	1,65	1,65	1,86	1,79	1,88	1,82	1,79	1,88	
Парообразов. способн. угли	{	5,4	4,95	5,76	5,33	7,8	7,8	7,43	7,22	7,00	7,43	7,35	7,00	
		—	786	714	714	—	—	940	992	1045	940	961	992	1045
На подсьемъ 10 ^м длнную 40 км. мс-жу Аласак. и Лагоршери.	{ Средняя мощность въ НР. Средняя скорость hr.	—	1015	1030	1022	—	—	1420	1411	1460	1420	1426	1411	1460
		—	54,66	50,47	51,4	—	—	63,93	57,88	57,53	63,93	62,42	57,88	57,53

тяжелыхъ скорыхъ поѣздовъ на участкахъ съ труднымъ профилемъ. Главнѣйшіе размѣры слѣдующіе:

Давленіе пара въ котлѣ	12 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
Площадь колосниковой рѣшетки	2,6 м ²
Поверхность нагрѣва топки	14,72 м ²
Поверхность нагрѣва дымог. и жаров. трубъ .	135,90 м ²
Поверхность нагрѣва топки и трубъ	150,60 м ²
Поверхность пароперегрѣвателя	49,40 м ²
Полная внутренняя поверхность нагрѣва . .	200,00 м ²
Число дымогарныхъ трубъ	139
Диаметръ дымогарн. трубъ	$\frac{45}{50}$ мм.
Число жаровыхъ трубъ	24
Диаметръ жаровыхъ трубъ	$\frac{124}{133}$ мм.
Длина трубъ между рѣшетками	4700 мм.
Диаметръ цилиндровъ	590 мм.
Ходъ поршня	630 мм.
Диаметръ спаренныхъ колесъ	1750 мм.
Вѣсъ паровоза {	
вѣсъ въ рабочемъ состояніи	69,5 тп.
сцѣпной	47,7 тп.
Тендеръ {	
вѣсъ въ рабочемъ состояніи	49,85 тп.
запасъ угля	5,0 тп.
запасъ воды	21,5 тп.

Какъ показали опыты, котель обладаетъ такою большою мощностью, что мощность машины паровоза при ея экономической работѣ ограничивается не вотломъ, а сцѣпнымъ вѣсомъ паровоза; при этомъ и простая сдвоенная машина имѣетъ значительные размѣры.

Ходъ этого паровоза очень спокойный при большихъ скоростяхъ до 105 $\frac{\text{km}}{\text{hr}}$ (318 оборотовъ въ минуту), поддерживаемыхъ продолжительное время, и даже при наивысшей скорости 110 $\frac{\text{km}}{\text{hr}}$; этому способствуютъ хорошее направленіе паровоза на рельсахъ двухосною тельжкою съ поперечнымъ перемѣщеніемъ 40 мм. на обѣ стороны, достаточная жесткая база, при чемъ двѣ переднія спаренныя оси между собой сближены, а задняя отставлена назадъ для помѣщенія топки. Вращающіяся массы колесъ и отдѣльныхъ частей машины уравновѣшены вшланѣ; поступательно-движущіяся

массы частей машины оставлены совсѣмъ безъ уравновѣшенія. Паровозъ легко проходить кривыя радіуса 180 м. Ведущую осью служить четвертая ось паровоза и поэтому главныя дышла достаточно длинны. По конструкціи этотъ паровозъ во всемъ спроектированъ согласно установившимся въ послѣднее время типамъ паровозовъ съ пароперегрѣвателями В. Шмидта: пароперегрѣвательные элементы изъ трубовъ діаметра $\frac{30}{38}$ мм. установлены въ 24 жаровыхъ (дымогарныхъ) трубахъ діаметра $\frac{124}{133}$; тяга въ жаровыхъ трубахъ управляется автоматически клапанами съ особымъ приборомъ (паровыиъ цилиндромъ): при закрытіи регулятора прекращается и тяга газовъ по жаровымъ трубамъ; золотники цилиндрическіе безъ пружнящихъ колець діаметромъ 150 мм., съ двойнымъ впускомъ пара (внутреннимъ); для хода безъ пара цилиндры снабжены байпасомъ Шмидта съ приводомъ въ будку машиниста.

Опыты съ однимъ изъ этихъ паровозовъ производились въ августѣ 1906 года на линіи Грюневальдъ — Зангерхаузенъ, туда и обратно (395,2 км). Эта линія изобилуетъ подъемами въ 10⁰/₀₀ и кривыми радіуса 350 м. Поѣздки производились съ поѣздами въ 10, 12 и 14 вагоновъ четырехосныхъ на тельжкахъ по дѣйствующему росписанію и всегда съ замѣтнымъ сбереженіемъ времени противъ росписанія.

При поѣздѣ съ 40 осями (вѣсъ вагоновъ 335,6 тп) на длинномъ подъемѣ въ 10⁰/₀₀ поддерживалась скорость въ 50 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$, на подъемѣ 6,5⁰/₀₀ поддерживалась скорость въ 60 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$.

Съ поѣздомъ въ 48 осей (400,5 тп) на подъемѣ 10⁰/₀₀ паровозъ развилъ отъ 1845 до 1980 индикаторныхъ силъ при скорости отъ 75 до 70 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$; наивысшая скорость была 105 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$.

Съ поѣздомъ въ 56 осей (471,2 тп) на длинномъ подъемѣ въ 6,5⁰/₀₀ была скорость 70 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ при мощности въ среднемъ 1500 НР.; на подъемѣ въ 10⁰/₀₀ этотъ поѣздъ шелъ со скоростью отъ 32 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ до 44 $\frac{\text{klm}}{\text{hr}}$ — предѣльной, какою могъ имѣть паровозъ при сдѣльномъ вѣсѣ въ 47,7 тп.

Замѣченныя опечатки.

На страницѣ 102, на чертежѣ 21,

$$\text{напечатано: } \begin{cases} r - l(1 - \cos\alpha) \\ r + l(1 - \cos\alpha) \end{cases}; \quad \text{должно быть: } \begin{cases} \rho - l(1 - \cos\alpha) \\ \rho + l(1 - \cos\alpha) \end{cases}.$$