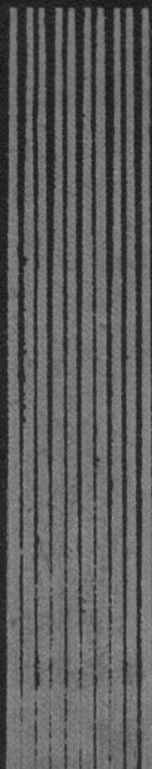


З.Г. ГИБЕРОВ • Е.В. ВЕРНЕР

*Механическое
оборудование
предприятий
для производства*

*полимерных
и теплоизоляционных
изделий*



З. Г. ГИБЕРОВ, Е. В. ВЕРНЕР

МЕХАНИЧЕСКОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
ПРЕДПРИЯТИЙ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛИМЕРНЫХ
И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ
ИЗДЕЛИЙ

*Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности «Механическое оборудование
предприятий по производству полимерных
и теплоизоляционных изделий»*

КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР



Москва
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1973

Гиберов З. Г., Вернер Е. В. Механическое оборудование предприятий для производства полимерных и теплоизоляционных изделий. М., «Машиностроение», 1973, 416 с.

В учебнике описаны устройство и работа основного технологического оборудования предприятий промышленности стройматериалов для производства полимерных и теплоизоляционных изделий. Рассмотрено оборудование для смешения и пластикации, таблетирования и прессования, грануляции, литья под давлением и непрерывного выдавливания, вакуумного и пневматического формования, каландрирования, для производства линолеума и ворсовых материалов для полов и газонаполненных пластмасс, а также оборудование для изготовления изделий из стеклопластиков, древопластиков, минераловатных и акустических плит. Даны методы расчетов основных параметров рабочих процессов.

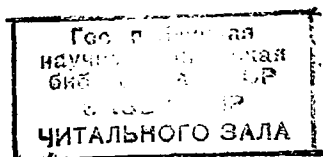
Учебник предназначен для студентов инженерно-строительных вузов, а также может быть полезен для студентов химико-механических, химико-технологических вузов и для инженерно-технических работников заводов строительных теплоизоляционных материалов и заводов пластических масс.

Табл. 21, ил. 254, список лит. 40 назв.

Рецензенты: кафедра «Машины и оборудование заводов стройматериалов» Московского инженерно-строительного института, инж. В. И. Добужинский

Д4

11532



УЗ-35486

Г $\frac{3149-279}{038(01)-73}$ 279-73

ВВЕДЕНИЕ

В свете задач, поставленных XXIV съездом КПСС и пятилетним планом развития народного хозяйства страны в области жилищного, коммунального, промышленного, энергетического, транспортного и других видов строительства, особое значение приобретает проблема опережающего развития промышленности строительных материалов по сравнению с общими темпами роста строительных монтажных работ. Осуществление намеченной программы строительства требует значительного увеличения производства эффективных строительных материалов и организации производства новых прогрессивных материалов, деталей и конструкций. Особо перспективными являются тепло-звукоизоляционные материалы и материалы на основе пластических масс.

Высокая прочность и эластичность, устойчивость к действию повышенных или низких температур, стойкость к действию химических реагентов, малый удельный вес, легкая перерабатываемость в разнообразные изделия — таковы некоторые из свойств, обеспечивающих непрерывное развитие производства полимеров. Изменяя характер исходных соединений, состав и последовательность их чередования в молекулах полимеров, можно практически неограниченно изменять их свойства от прочных, жестких и устойчивых к удару полимеров, используемых в качестве конструкционных материалов, до эластичных гибких каучуко-подобных пластиков.

На основании директив XXIV съезда КПСС промышленность полимерных и теплоизоляционных строительных материалов начала быстро развиваться. Из пластмасс изготавливают материалы для полов (линолеум и плитки) и кровель (стеклопластик), трубы и профильные погонажные изделия (поручни, плинтусы), стеновые материалы (древесно-стружечные и древесно-волоконистые плиты и изделия; слоистые пластики, облицовочные плитки и стеновые панели), тепло- и звукоизоляционные материалы (пенопласты, минераловатные изделия, акустические плиты и др.).

В последние годы реконструированы заводы, производящие синтетические полимеры, пластмассы на их основе и теплоизоляционные материалы, начато строительство новых мощных промышленных предприятий по выработке пластмасс и теплоизоля-

ционных материалов. В связи с этим вопросы методов производства и переработки пластмасс и теплоизоляционных материалов в готовые строительные изделия, а также применение имеющегося и создание необходимого для этого оборудования приобрели первостепенное значение. Дальнейшее развитие промышленности полимерных строительных материалов, характеризующейся на современном этапе интенсивным ростом крупносерийного производства и стремлением к полной автоматизации производственных процессов,— немыслимо без выполнения машинного парка как в количественном, так и в качественном отношении.

Появление каждого нового полимера требует нахождения для него новых специфических средств переработки в строительные изделия. Эту задачу можно решить только хорошо изучив типовые образцы конструкций, имеющегося отечественного и зарубежного оборудования.

Учебник для вузов по механическому оборудованию для производства полимерных и теплоизоляционных изделий выпускается впервые. Поэтому желательно получить от читателей отзывы о настоящей книге, которые позволят учесть все замечания и пожелания при создании новых учебников по данной теме.

Главы I — XIV первого раздела написаны З. Г. Гиберовым, главы I — VIII второго раздела Е. В. Вернером.

Все замечания и пожелания просьба направлять в издательство «Машиностроение» по адресу: Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., д. 3.

Раздел первый

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Глава I. МАШИНЫ ДЛЯ СМЕШЕНИЯ И ПЛАСТИКАЦИИ

Смешение — это процесс, при котором два или более компонентов смешиваются в определенном соотношении до получения однородной смеси. Процесс смешения может быть периодическим и непрерывным.

Периодический процесс смешения — это процесс, в котором все компоненты, загружаемые в требуемой пропорции в замкнутый сосуд, перемешиваются в течение определенного времени, а затем выгружаются. Время, достаточное для получения качественной смеси, называется временем смешения.

Непрерывный процесс смешения — это процесс, в котором перемешивание компонентов происходит непрерывно и рабочий объем перемешивающего устройства все время загружен материалом.

Пластикация — процесс механической или тепловой обработки полимерных материалов, при котором повышаются их пластичность и гомогенность.

§ 1. СМЕСИТЕЛИ ДЛЯ ЖИДКИХ МАТЕРИАЛОВ

В промышленном производстве строительных изделий из пластических масс процессы смешения широко применяются на многих этапах, например, для приготовления различных суспензий, эмульсий и однородных смесей, а также для интенсификации процессов тепло- и массообмена.

Смесители по принципу действия подразделяются на механические и пневматические.

Механические смесители подразделяются на лопастные, пропеллерные, турбинные и специальные.

Лопастные мешалки (рис. 1, а) применяют для смешения жидкостей, обладающих небольшой вязкостью, растворения и суспензирования твердых веществ, имеющих малую плотность. Мешалка представляет собой цилиндрический сосуд 1 с коническим днищем и плоской крышкой. Смонтированный в сосуде вертикальный вал 2 с лопастями 3 приводится от электродвигателя через шкив 4 ременной и зубчатой 5 передач.

Гидродинамическое сопротивление среды движущемуся в ней телу определяется по формуле Ньютона—Кармана

$$P = \frac{c}{2} \cdot \frac{\rho_{\text{уд}}}{g} F v^2, \quad (1)$$

где c — коэффициент сопротивления ($c = 1,28$ для прямоугольного сечения); $\rho_{\text{уд}}$ — плотность в Н/м^3 ; g — ускорение свободного

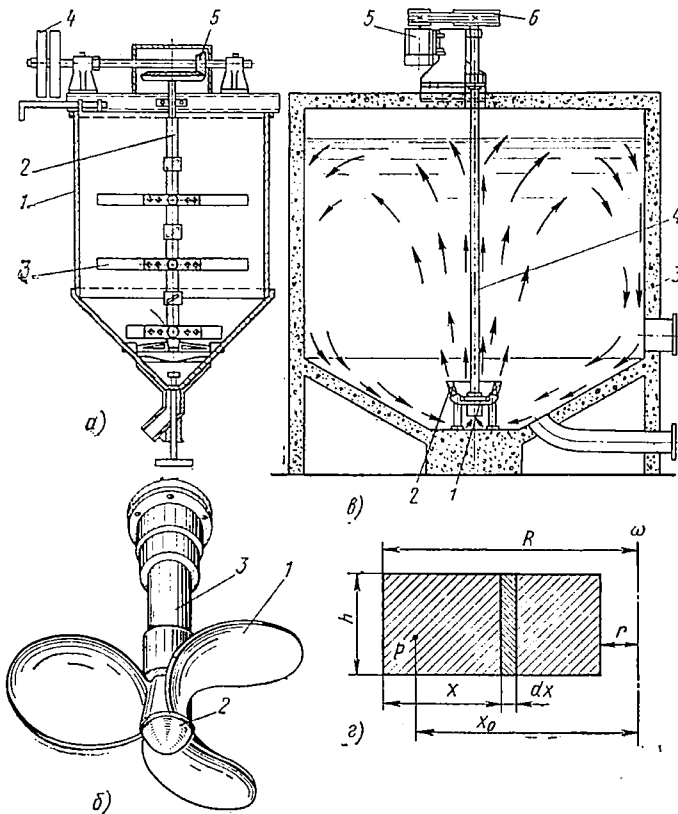


Рис. 1. Мешалки для жидких материалов:

a — лопастная; *б* — пропеллерная; *в* — турбинная; *г* — схема к расчету лопастной мешалки

падения в м/с^2 ; F — площадь проекции тела на плоскость, перпендикулярную к направлению вращения (миделево сечение), в м^2 ; v — скорость движения потока в м/с .

Лопатка, установленная под углом α , вращается со скоростью ω . Выделим элемент миделевой поверхности, равной $h dx$, на расстоянии x от оси вращения (рис. 1, г).

Давление на выделенный элемент по формуле (1)

$$dP = \frac{c}{2} \cdot \frac{\rho_{уд}}{g} h dx \sin \alpha v^2. \quad (2)$$

Заменяв v на ωx , где ω — угловая скорость в рад/с, получим

$$dP = \frac{c}{2} \cdot \frac{\rho_{уд}}{g} h dx \sin \alpha \omega^2 x^2. \quad (3)$$

Интегрируя полученное выражение в пределах от r до R , запишем

$$P = \frac{c}{2} \cdot \frac{\rho_{уд}}{g} \omega^2 h \sin \alpha \int_r^R x^2 dx, \quad (4)$$

откуда

$$P = \frac{c}{2} \cdot \frac{\rho_{уд} \omega^2 h \sin \alpha}{3g} (R^3 - r^3). \quad (5)$$

Точка приложения силы P расположена на расстоянии x_0 от оси вращения, следовательно,

$$x_0 = \frac{3(R^4 - r^4)}{4(R^3 - r^3)}. \quad (6)$$

Окружная скорость в точке приложения силы P

$$v = \omega x_0 = \frac{3}{4} \omega \frac{(R^4 - r^4)}{(R^3 - r^3)}. \quad (7)$$

Мощность, потребная для вращения одной лопасти,

$$N_1 = P v. \quad (8)$$

Подставляя значения P и v из формул (5) и (7), после преобразования получим

$$N_1 = \frac{c \rho_{уд}}{8g} \omega^3 h \sin \alpha (R^4 - r^4). \quad (9)$$

При расположении на одном валу n лопастей общая мощность, потребная для мешалки,

$$N = n N_1. \quad (10)$$

Введя коэффициент 1,5 на неучтенные потери (сопротивление вращению вертикального вала) и учитывая к. п. д. привода $\eta = 0,8$, получим

$$N_{дв} = \frac{1,5N}{\eta}. \quad (11)$$

Пропеллерные мешалки (рис. 1, б) применяют для интенсивного перемешивания жидкостей небольшой вязкости, взмучивания осадков, содержащих до 10% твердой фазы с частицами размером до 0,15 мм, а также для приготовления суспензий и эмульсий.

Лопастей 1 мешалки изготовляют с переменным наклоном плоскости от 0 до $\pi/2$ рад и закрепляют на ступице 2, которую насаживают на вал 3. Во многих случаях используют вертикальные валы, расположенные по оси аппарата. Обычно применяют мешалки с тремя лопастями, но встречаются мешалки с двумя и четырьмя лопастями. Число лопастей на валу зависит от высоты слоя жидкости в аппарате и условий перемешивания. Лопастей, вращаясь в жидкости, перемешивают ее по спирали. Чтобы улучшить циркуляцию жидкости, пропеллер часто устанавливают внутри цилиндрического патрубка, открытого с торцовых сторон. Такие патрубки служат для создания направления движения жидкости и называются стаканами (диффузорами). Обычно радиус диффузора близок к радиусу лопастей пропеллера, поэтому скорость движения жидкости в осевом направлении в диффузоре можно определить по формуле

$$v = H\omega \cos^2 \beta, \quad (12)$$

где H — шаг винта лопасти в м; $\beta = 0,45 \div 0,8$ — угол подъема винтовой линии в рад.

Количество жидкости, перемещаемой пропеллером,

$$m_t = 0,4\pi R^2 \rho v, \quad (13)$$

где R — радиус окружности, описываемой крайней точкой лопасти, в м; ρ — плотность суспензии в кг/м^3 .

Шаг винта

$$H = 2\pi R \operatorname{tg} \beta. \quad (14)$$

Мощность, потребная для привода вала пропеллерной мешалки,

$$N = \frac{gk\rho\pi R^2 H^3 \omega^3 \cos^4 \beta}{\eta}, \quad (15)$$

где $k = 0,7 \div 0,8$ — коэффициент обратного проскальзывания жидкости; $\eta = 0,75$ — к. п. д.; ω — угловая скорость в рад/с; g — ускорение свободного падения в м/с².

Турбинные мешалки применяют для интенсивного смешения жидкостей, тонкого диспергирования, быстрого растворения или выделения осадков в больших объемах. Турбинка 1 (рис. 1, в) размещена в направляющей чаше 2. Всасывающая часть турбинки пропущена через днище чаши вблизи от дна корпуса 3 аппарата. Жидкость всасывается из нижней зоны, отбрасывается турбинкой к стенкам чаши и направляется в верхнюю зону, где распределяется по всему сечению сосуда и затем вдоль стенок корпуса опускается к всасывающему отверстию турбинки. Такая циркуляция создает хорошее перемешивание при значительной вязкости среды. Турбинка насажена на вертикальный вал 4, который приводится от электродвигателя 5 через клиноременную передачу 6.

Мощность на валу турбинной мешалки определяется по формуле

$$N = \frac{\rho V_t H}{\eta}, \quad (16)$$

где ρ — плотность суспензий в кг/м³; $\eta = 0,7 \div 0,8$ — общий к. п. д.; V_t — количество жидкости, прогоняемой турбинкой в единицу времени;

$$V_t = E_1 \pi D_1 h C_1, \quad (17)$$

здесь $E_1 = 0,8 \div 0,9$ — коэффициент стеснения внутренней окружности турбинки; D_1 — диаметр внутренней окружности турбинки, т. е. всасывающего отверстия, в м; h — высота лопаток у внутренней окружности турбинки в м; C_1 — скорость прохождения жидкости в м/с (по экспериментальным данным $C_1 = 5$ м/с); H — напор, развиваемый турбинкой, в м

$$H = k \eta_1 \frac{v C_2 \cos \alpha}{g}; \quad (18)$$

$k = 0,75$ — коэффициент циркуляции; $\eta_1 = 0,9$ — гидравлический к. п. д.; v — скорость у наружной окружности турбинки в м/с; C_2 — скорость жидкости на выходе из каналов турбинки;

$$C_2 = \frac{C_3}{\sin \alpha}, \quad (19)$$

α — угол, значение которого всегда лежит в пределах $\frac{\pi}{18}$ рад; C_3 — скорость, направленная по радиусу турбинки к наружной окружности;

$$C_3 = \frac{V_t}{E_2 \alpha \pi D_2^2}, \quad (20)$$

$E_2 = 0,95$ — коэффициент стеснения наружной окружности турбинки; $\alpha = 0,06$ — поправочный коэффициент; D_2 — диаметр наружной окружности турбинки в м.

Пневматическое перемешивание заключается в том, что через всю массу жидких компонентов пропускают сжатый воздух, который приводит смешиваемую среду в движение. Сжатый воздух подается через отверстия трубок, так называемых барботеров, расположенных на дне аппарата.

Расход воздуха можно подсчитать по формуле

$$V_t = F t V_1, \quad (21)$$

где F — поверхность жидкости в аппарате в м²; t — время перемешивания в с; $V_1 = 0,007 \div 0,017$ — расход воздуха на 1 м² поверхности жидкости в секунду.

Давление воздуха, необходимое для барботирования,

$$P = H \gamma_{ж} + \frac{\gamma_{в} v^2}{2g} (1 + \sum \xi) + p_0, \quad (22)$$

где H — высота столба перемешиваемой жидкости в м; $\gamma_{ж}$ — удельный вес жидкости в Н/м^3 ; $\gamma_{в}$ — удельный вес воздуха в Н/м^3 ; $v = 20 \div 40$ — скорость воздуха в трубе барботера в м/с; $\sum \xi$ — сумма коэффициентов трения и местных сопротивлений воздухопровода; p_0 — давление над поверхностью жидкости в Н/м^2 .

§ 2. СМЕСИТЕЛИ ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Смесители для сыпучих материалов по принципу действия классифицируются на периодические и непрерывные.

Смесители периодического действия в зависимости от типа рабочего органа делятся на смесительные барабаны (с вращающимся корпусом), червячно-лопастные, плунжерные, ленточные, смесительные бегуны, смесители центробежного действия, с псевдооживленным сыпучего материала, с быстро вращающимся ротором, смесители центробежного действия с вращающимся конусом, пневмосмесители и усреднители.

Смесители непрерывного действия делятся на барабанные, червячно-лопастные, гравитационные, центробежного действия, прамоточные, каскадные и вибросмесители.

Барабанные смесители, относящиеся к тихоходным машинам (линейная скорость вращения барабана составляет 0,8—1 м/с), в настоящее время получили наибольшее распространение. Рабочее число оборотов в барабанных смесителях определяется по формуле

$$n \leq \frac{1}{5\sqrt{R}}, \quad (23)$$

где R — радиус барабана в м.

На валу 2 барабана 1 смесителя укреплены лопасти 3 плугообразной формы (рис. 2, а); при работе эти лопасти разбрасывают материал в стороны и интенсивно перемешивают его. Барабанные смесители обеспечивают высокое качество смешения при небольшом расходе энергии. Недостаток смесителей — большой износ лопастей.

В табл. 1 приведена техническая характеристика отечественных барабанных смесителей.

Лопастной смеситель непрерывного действия (рис. 2, б) рекомендуется применять для смешения сухих веществ, состоящих из частиц различных размеров и плотности. Недостатки лопастного смесителя: относительно большой расход энергии и интенсивный износ лопастей. Этот смеситель отличается от барабанного смесителя формой лопастей, транспортирующих материал вдоль оси барабана.

Биконические смесители (рис. 2, в) для повышения эффекта смешения имеют отражатели, устанавливаемые под углом к горизонтальной оси. При их вращении смешиваемый материал начинает двигаться по спирали. Время смешения в наклонном бикони-

ческом смесителе невелико. Если материал увлажнен, то для разрушения образующихся при смешении комков в смеситель загружают несколько крупных шаров.

V-образные смесители (рис. 2, *з*) имеют V-образный корпус 1, устанавливаемый на горизонтальном валу 2. Иногда на валу 2 помещают отражатели и лопасти, которые приводятся в движение от специального привода. Недостатком перечисленных смесителей

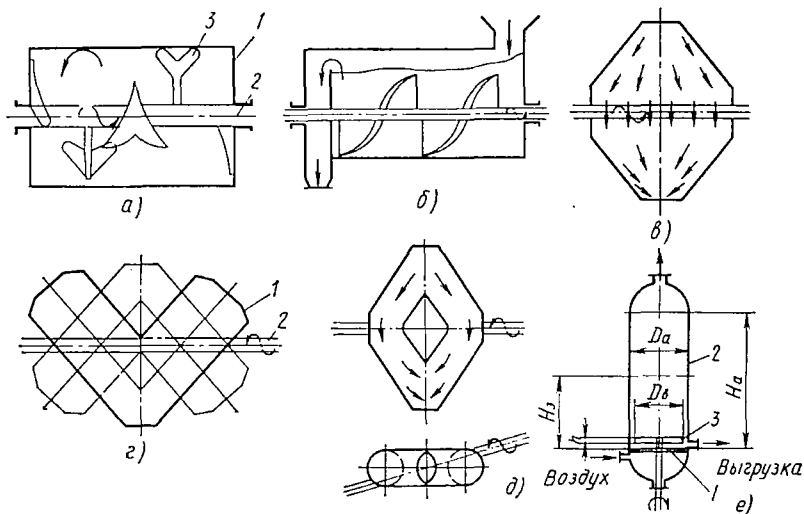


Рис. 2. Смесители для сыпучих материалов:

а — барабанный; *б* — лопастной; *в* — биконический; *г* — V-образный; *д* — двоянный V-образный; *е* — схема смесителя псевдооживленного слоя

является наличие в них «мертвых зон». В двоянном V-образном смесителе (рис. 2, *д*) полностью устранены «мертвые зоны» и углы. Вал корпуса смесителя расположен под углом к оси корпуса. За один оборот барабана материал перемещается дважды. Преимущество двоянного V-образного смесителя: быстрое смешение компонентов с различной плотностью, небольшой расход энергии,

Таблица 1
Техническая характеристика барабанных смесителей

Тип смесителя	Рабочая емкость в м ³	Мощность привода в кВт	Частота вращения в об/мин	
			корпуса	вала
Смесительный барабан завода «Прогресс»				
1,5 т	2	5,8	7,5	36,5
3,0 т	3,7	10,0	7,0	57,5
Конический барабан Уварова 3,0 т	3	4,5	9	—

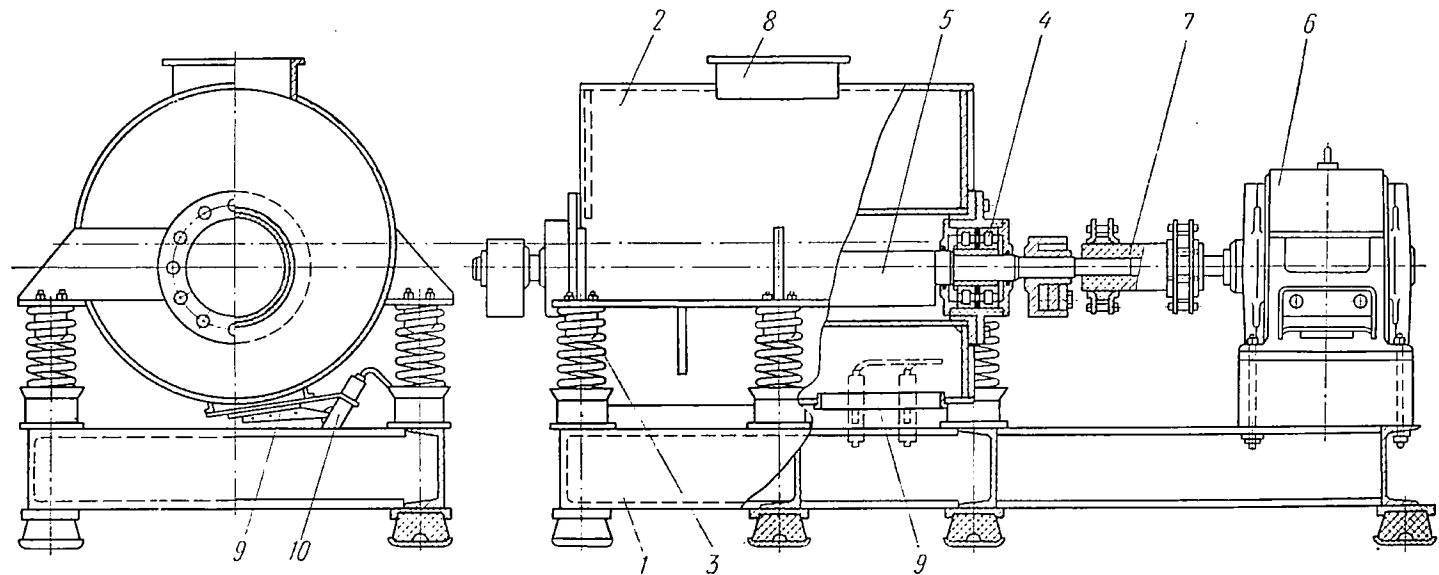


Рис. 3. Вибросмеситель

сохранение структуры при смешении кристаллических материалов, малый износ оборудования.

В качестве смесителей могут быть также использованы шаровые мельницы. В обычном исполнении они обеспечивают высококачественное смешение, однако расход энергии и продолжительность цикла велики.

Для смешения порошкообразных материалов с компонентами значительной вязкости применяют **вибросмесители**. Вибросмеситель (рис. 3) имеет раму 1, на которой смонтирован корпус 2 на амортизаторах 3. В корпусе в подшипниках 4 установлен дебалансный вал 5, получающий вращение от электродвигателя 6 через эластичную муфту 7. Компоненты смеси загружают через люк 8, а готовую смесь выгружают через люк 9, который закрывается и открывается при помощи гидроцилиндра 10.

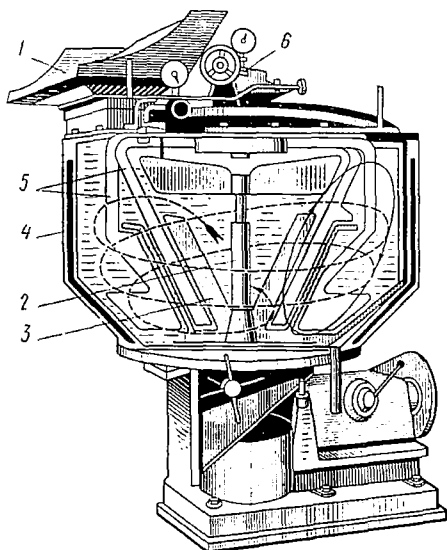


Рис. 4. Центробежный смеситель

Смеситель центробежного типа (рис. 4) находит широкое применение в промышленности пластических масс. Материал из бункера 1 поступает во вращающийся вместе с валом 2 конус 3. Масса, находящаяся в конусе, при значительной окружной скорости его принимает форму параболоида вращения и, пересыпаясь через края конуса, попадает в пространство между корпусом 4 и конусом 3. При этом масса пересекает зону, захватываемую лопастями 5, свободно подвешенными на крышке корпуса. Вращающийся в конусе материал передает часть своей кинетической энергии лопастям 5, которые при этом начинают вращаться с угловой скоростью, значительно меньшей, чем угловая скорость материала. Дополнительно угловая скорость лопастей снижается при помощи тормозного устройства 6, размещенного на крышке смесителя. Таким образом, в кольцевом пространстве вследствие разности окружных скоростей лопастей и материала обеспечивается интенсивное перемешивание материала. Часть опускающегося вниз материала возвращается через специальные окна в конус 3. Смесь выгружают через патрубок, расположенный в днище аппарата. Кратность циркуляции материала регулируется скоростью вращения приводного вала и торможением подвесной мешалки.

Часть опускающегося вниз материала возвращается через специальные окна в конус 3. Смесь выгружают через патрубок, расположенный в днище аппарата. Кратность циркуляции материала регулируется скоростью вращения приводного вала и торможением подвесной мешалки.

Производительность центробежного смесителя определяется по следующей формуле:

$$m_t = \frac{V \sum (\rho_k m_k) \varphi}{t}, \quad (24)$$

где V — полный объем аппарата в m^3 ; $\varphi = 0,5 \div 0,75$ — коэффициент заполнения; ρ_k — насыпная плотность отдельных компонентов; m_k — массовая доля отдельных компонентов; t — продолжительность времени смешения в с.

Мощность, потребляемая смесителем, расходуется на преодоление сопротивления N_1 движению лопастей в сыпучей среде, на преодоление сопротивления N_2 движению конуса, на подъем N_3 материала внутри конуса, на сообщение кинетической энергии N_4 материалу и на преодоление трения N_5 вала конуса в подшипниках и сальниковом уплотнении. Таким образом, общая мощность равна их сумме:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5; \quad (25)$$

$$N_1 = c \rho_n \omega^{1.2} D^{2.3} (f \sin \alpha)^{0.82} H^{1.04} \tau_y,$$

где c — коэффициент, определяемый по экспериментальным данным и зависящий в основном от твердости материала и его дисперсности; ρ_n — насыпная плотность материала в $кг/м^3$; D — диаметр лопасти в м; ω — угловая скорость в $с^{-1}$; $\alpha = 45^\circ$ — угол наклона лопасти к горизонту; H — высота материала над лопастью в м; τ_y — отношение мощности, потребляемой смесителем при установленном режиме, к мощности, измеренной в конце первой минуты после начала смешения (определяется экспериментально);

$$N_2 = N_2' + N_2'',$$

N_2' и N_2'' — расход мощности на преодоление сопротивления по наружной и внутренней поверхности конуса;

$$N_2' = 2,45 \cdot 10^{-3} \pi l \omega h \rho_n f (\cos^2 \gamma + \beta \sin^2 \gamma) (R + r)^2;$$

l — длина образующей конуса в м; h — высота слоя материала снаружи конуса в м; f — коэффициент трения скольжения материала по конусу; R и r — радиусы верхнего и нижнего оснований конуса в м; γ — угол наклона образующей конуса к горизонту в град; $\beta = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$ — коэффициент подвижности материала;

$$N_2'' = 0,5 \cdot 10^{-3} m_b \omega^3 r_n (R + r) f \sin \psi;$$

m_b — масса материала на внутренней поверхности конуса в кг; r_n — среднее значение радиуса центра тяжести вращающийся массы в м; ψ — угол между направлением действия центробежной силы и нормалью к поверхности конуса в град;

$$N_3 = 0,0098 m_t H_n;$$

m_t — производительность конуса в кг/с; H_k — высота конуса в м;

$$N_4 = 0,5 \cdot 10^{-3} m_t v_k^2;$$

v_k — окружная скорость конуса в м/с.

Кроме описанных выше аппаратов для смешения материалов находят применение смесители, в которых использована кинетическая энергия воздуха или инертных газов.

Такие смесители (рис. 2, е) работают по принципу создания «кипящего слоя» или псевдооживленного слоя порошкообразных материалов, широко применяемого в промышленности для проведения различных физико-химических процессов. Псевдооживление получают пропусканием через порошкообразный материал, лежащий на перфорированном днище 1 аппарата 2 (решетки, колосники, пористая плита и т. п.), газа в направлении снизу вверх.

Для предотвращения каналообразования в материале и нарушения стабильности процесса, имеющих место при аэрации высокодисперсных порошков, в смеситель устанавливают мешалку с вертикальным размещением лопастей 3.

Производительность смесителя определяется формулой

$$m_t = \frac{m_3}{t}, \quad (26)$$

где t — время перемешивания в с; m_3 — загрузка в смеситель в кг;

$$m_3 = \frac{\pi D_a^2}{4} H_3 = 0,785 D_a^2 \cdot 1,5 D_a = 1,8 D_a^3; \quad (27)$$

$$H_3 = 1,5 D_a.$$

Для определения диаметра и высоты аппарата можно пользоваться следующими формулами:

$$D_a = 0,242 \sqrt[3]{\frac{m_t t}{\rho_n}};$$

$$H_a = (3 \div 5) D_a,$$

где ρ_n — насыпная плотность материала в кг/м³; $D_b = 0,95 D_a$ — диаметр ворошителя в м; $h = 0,1 D_b$ — высота лопасти ворошителя в м; H_a — высота аппарата в м.

Мощность, потребляемая ворошителем,

$$N = K_N \rho_n n^3 D_b^5, \quad (28)$$

где

$$K_N = \frac{1,28}{\text{Re}_c};$$

$$\text{Re}_c = \frac{\rho_c n D_b^2}{\mu_c};$$

ρ_T — плотность частиц материала в кг/м^3 ; ρ_c — плотность среды (воздуха или газа) в кг/м^3 ; μ_c — вязкость ожигающей среды в $\text{Н}\cdot\text{с/м}^2$; D_B — диаметр ворошителя в м; n — частота вращения ворошителя в минуту.

Расход сжижающего газа

$$m_t = 2,33\omega_{\text{кр}}D_a^2, \quad (29)$$

где $\omega_{\text{кр}}$ — критическая скорость ожигаемого газа в м/с, определяемая по формуле

$$\omega_{\text{кр}} = \frac{\text{Re}_{\text{кр}}\mu_c g}{d_T \rho_c},$$

в которой

$$\text{Re}_{\text{кр}} = \frac{A\Gamma}{(17,44 + 4,56\sqrt{A\Gamma})\sqrt[6]{F\Gamma}} \text{ — критерий Рейнольдса;}$$

$F\Gamma = \frac{n^2 D_B}{g}$ — критерий Фруда; $A\Gamma = \frac{d_T^3 \rho_T \rho_c g}{\mu_c^2}$ — критерий Архимеда; μ_c — вязкость среды (газа) в $\text{Н}\cdot\text{с/м}^2$; d_T — диаметр частиц в м; n — частота вращения ворошителя в минуту; D_B — диаметр ворошителя в м; ρ_T — плотность частиц в кг/м^3 ; ρ_c — плотность среды в кг/м^3 .

Определим сопротивление вседоожигенного слоя:

$$\Delta p = \rho_T (1 - \varepsilon_0), \quad (30)$$

где ε_0 — порозность слоя, определяемая экспериментально.

§ 3. СМЕСИТЕЛИ ДЛЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ (ВЯЗКИХ) МАТЕРИАЛОВ

В зависимости от консистенции смешиваемых компонентов смесители для вязких материалов подразделяются на следующие типы: с лопастными мешалками, с турбинными мешалками, с вращающимся корпусом и лопастью (подвижной и неподвижной), с ленточными мешалками, с дисковыми мешалками, с гребенчатыми мешалками, с якорными и рамными мешалками, с двойными лопастными мешалками, вращающимися в противоположных направлениях, с планетарными мешалками, с вертикальным винтом, шаровые мельницы, валковые машины, смесительные бегуны, червячные и роторные смесители.

При смешении вязких материалов (расплавов, паст и тестообразных масс) увеличивается работа, затрачиваемая на деформацию материалов по сравнению с жидкими или сыпучими материалами. Это вызвано возрастанием поверхности раздела между компонентами.

Основные закономерности силового воздействия на материал в смесителе можно установить, рассматривая расплав как гомогенную массу.

Степень деформации материала характеризуют следующим образом:

$$\left(\frac{dv}{dy}\right)_{\text{ср}} = \frac{v_1 - v_2}{h}, \quad (31)$$

где $(dv/dy)_{\text{ср}}$ — средний градиент скорости сдвига; v_1 и v_2 — линейные скорости двух поверхностей, между которыми деформируется перерабатываемый материал; h — расстояние между поверхностями.

Вследствие сложной конфигурации роторов (лопастей) создаются разные значения градиентов скорости сдвига деформируемой массы и, следовательно, различные условия смещения. Большая часть механической энергии, затрачиваемой на деформацию перерабатываемых материалов, переходит в тепловую. По мере смещения материал становится все более пластичным и в конечном счете под воздействием сдвиговых напряжений начинает течь. Рассматривая эту смесь в узком зазоре между вершиной гребня ротора и стенкой камеры как жидкость с высокой вязкостью, подверженную однородному сдвигу, можно, в соответствии с законом Ньютона, записать

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy}, \quad (32)$$

где τ — напряжение сдвига; μ — динамический коэффициент вязкости жидкости.

При постоянном значении величины зазора между гребнем лопасти и стенкой камеры h на всей ширине b вершины гребня лопасти градиент скорости можно рассчитать следующим образом:

$$\frac{dv}{dy} = \frac{v}{h},$$

где v — линейная скорость поверхности гребня лопасти.

Мощность N , затрачиваемую на привод лопасти, можно определить как произведение силы P сопротивления движению лопасти на ее скорость v :

$$N = Pv = \tau Sv = \mu \frac{v}{h} bLv = \mu b \frac{L}{h} v^2. \quad (33)$$

При $v = \pi D_p n_p$ окончательно получим

$$N = \mu b \frac{L}{h} \pi^2 D_p^2 n_p^2,$$

где L — длина вершины гребня лопасти; S — площадь сдвига; D_p — наружный диаметр ротора; n_p — частота вращения ротора в минуту.

Для смешения вязких материалов обычно применяют двухлопастные смесители (рис. 5) с Z-образными лопастями. В неподвижном корпусе 1 смесителя расположены две смешивающие лопасти 2. Днище корпуса обычно выполняют из двух полуцилиндров, в каждом из которых вращается по одной лопасти. Для композиций, при смешении которых необходимо охлаждение, применяют смесители с охлаждающей рубашкой. Недостатки двухлопастных смесителей: большой расход энергии, сложность загрузки и продолжительная очистка корпуса после каждого цикла.

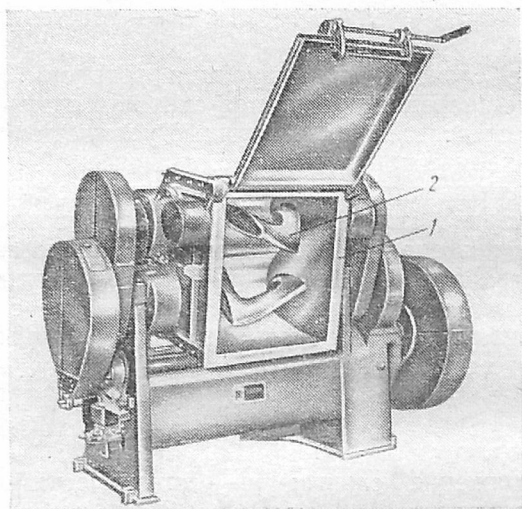


Рис. 5. Двухлопастной Z-образный смеситель

В табл. 2 приведена техническая характеристика лопастных смесителей с Z-образными лопастями.

Потребную для привода смесителя мощность можно приблизительно определить по формуле

$$N_{\text{п}} = \frac{1,24Z\varphi\rho h\omega^2(r_2^4 - r_1^4)}{\eta g}, \quad (34)$$

где Z — число лопастей; φ — коэффициент сопротивления (безразмерная величина); ρ — плотность массы в кг/м^3 ; h — высота лопасти в м; ω — угловая скорость вращения лопасти в рад/с ; r_1 и r_2 — радиус вращения лопасти внутренний и наружный в м; η — к. п. д. привода; g — ускорение свободного падения в м/с^2 .

Коэффициент φ имеет разные значения при переменном отношении ширины лопасти $b = r_2 - r_1$ к ее высоте h :

φ	1,10	1,15	1,2	1,29	1,4	2,0
$b : h$	1	2	4	10	18	>18

Рабочий объем смесителя в л	Диаметр лопасти в мм	Длина рабочей части корпуса в мм	Диаметр цапфы лопасти в мм	Межцентровое расстояние между лопастными валами в мм	Зазор между лопастью и стенкой корпуса в мм	Передающее отношение между передней и задней лопастями	Частота вращения передней лопасти в об/мин	Допускаемый крутящий момент на передней лопасти в Н·м	Мощность электропривода в кВт
5	110	240	25	110	0,5	1,74	35—40	190	0,8
10	140	300	28	140	0,5	1,74	32—38	272	1,0
25	190	340	35	180	0,5	1,74	32—38	460	1,7
50	250	450	40	250	0,6	1,74	30—35	730	2,8
100	300	670	55	300	0,8	1,76	30—35	1 800	7
200	380	800	65	380	1,0	1,76	28—30	2 800	10
400	480	1000	80	480	1,5	1,76	25—30	6 300	20
600	600	1300	110	600	2,0	1,7	20—25	15 600	40

При выборе электродвигателя следует учитывать, что мощность, необходимая для работы мешалки, составляет 20—50% установочной мощности, обусловленной большим пусковым моментом.

Более точно с учетом законов гидродинамики расход энергии можно подсчитать аналогично формулам (1)—(11).

В планетарных смесителях (рис. 6) лопасть 1 Т- или П-образной формы вращается вокруг своей оси и одновременно вокруг оси 2 корпуса 3 смесителя. Движения могут быть направлены как в одну, так и в разные стороны. Недостатки планетарного смесителя: повышенный расход энергии, длительная очистка корпуса после каждого цикла, возможность измельчения частиц смешиваемого материала и большой износ лопастей. Эти смесители применяют преимущественно для смешения увлажненных материалов в производствах, где нет необходимости часто очищать корпус.

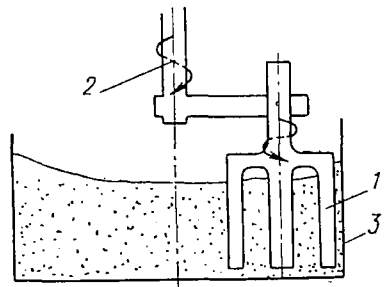


Рис. 6. Планетарный смеситель

В шнековом планетарном смесителе (рис. 7) шнек 1 вращается вокруг своей оси и одновременно вокруг оси 2 конического корпуса 3. При этом смешиваемый материал поднимается вверх, а затем падает под действием силы тяжести. Смеситель обеспечивает хорошее смешение при незначительном расходе энергии; в нем можно смешивать вещества, имеющие различные плотности и размеры зерен. Шнековый смеситель может быть комбинирован-

ным, состоящим из двух смесителей, корпуса которых частично перекрывают друг друга, или одинарным.

Для получения паст (полихлорвиниловых и др.) применяют мешалки с передвижной чашей. Мешалка имеет станину 1 (рис. 8) с валом 2, на котором монтируют крышку 3 и привод 4 мешалок. Вал может перемещаться по вертикали. Чашу 5, установленную на роликах, можно легко сменить. Загружаемый в мешалку через воронку 6 материал смешивается двумя вращающимися вертикальными лопастями 7. Стенки чаши во время работы непрерывно очищаются ножом 8.

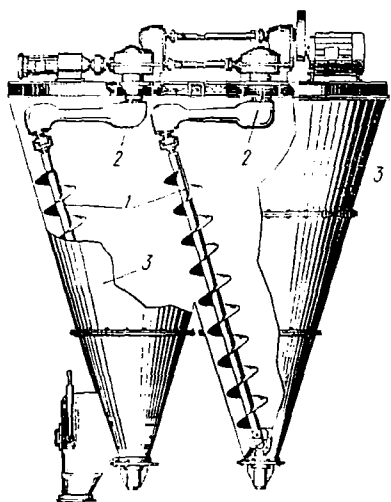


Рис. 7. Шнековый планетарный смеситель

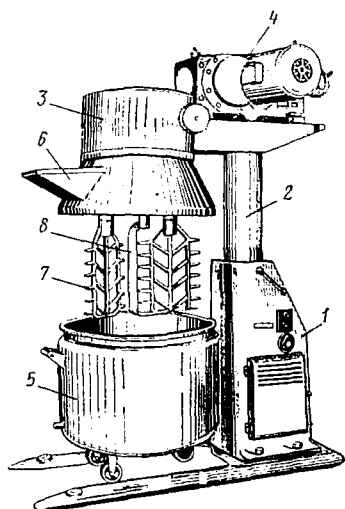


Рис. 8. Мешалка с передвижной чашей

Недостатком перечисленных смесителей является образование комков и спекание смеси. Эти недостатки могут быть устранены в турбосмесителях, которые могут быть одно- и двухступенчатые.

Двухступенчатый турбосмеситель (рис. 9) состоит из двух самостоятельных смесителей 1 и 2, связанных между собой соединительной трубой 3. Верхний смеситель имеет обогревательную рубашку 4 (теплоносителем является масло), а нижний — охлаждающую. Принцип работы смесителя основан на гидродинамической циркуляции с теплообменным эффектом.

Корпус верхнего смесителя закрывается откидной крышкой 5, снабженной штуцером 6 и быстродействующим затвором 7. Открывается и закрывается крышка при помощи пневмоцилиндра 8. В смесителе вращается комбинированный ротор, состоящий из ножа 9 и центрального лопастного диска 10. Ротор укреплен на валу 11, получающем движение от электродвигателя 12 через клиноременную передачу 13. Смеситель снабжен направляющей лопаткой 14, которая придает движению материала определенное

направление. Положение лопатки устанавливается регулировочным приспособлением 15. В полый стержень 16 лопатки вмонтирована термопара, контролирующая температуру массы. Масса из верхнего смесителя выгружается через патрубок 17 при открытии затвора пневмоцилиндром 18. Корпус нижнего смесителя имеет рубашку 19, по которой циркулирует охлаждающая вода.

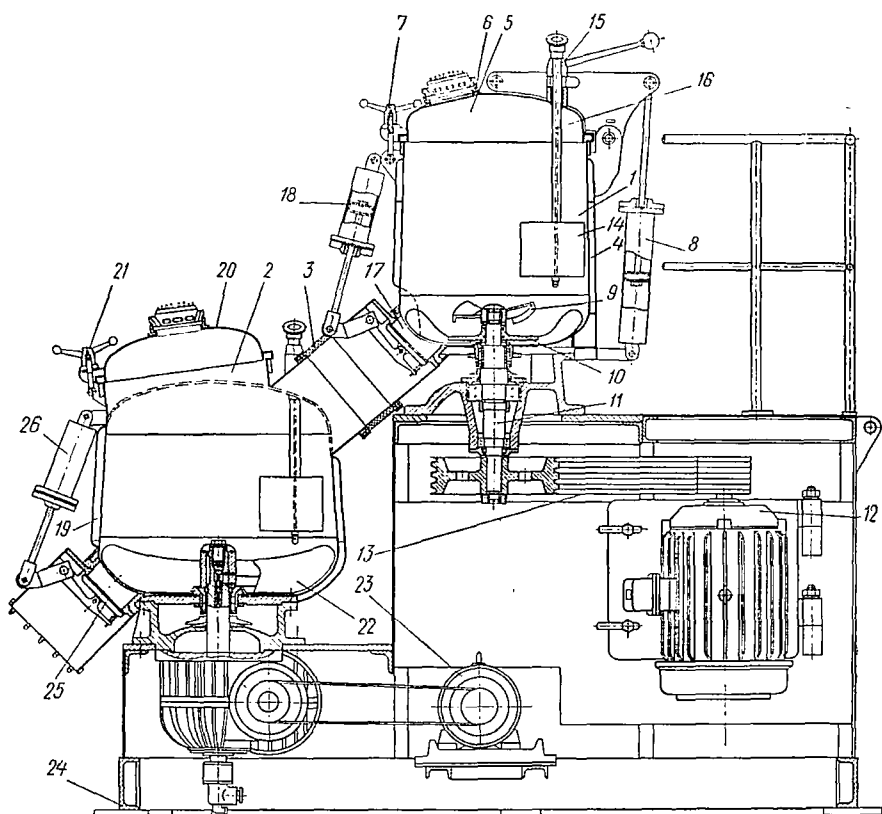


Рис. 9. Двухступенчатый смеситель

Крышка 20 нижнего смесителя закрывается при помощи затвора 21. Смесь перемешивается двухлопастным ротором 22, приводным от электродвигателя 23, установленного на раме 24. Готовая смесь выпускается через нижний патрубок при открытом затворе 25, управляемом от пневмоцилиндра 26.

В промышленности строительных материалов при производстве изделий из пластических масс (особенно из поливинилхлорида) для смешения и пластикации компонентов применяются смесительные вальцы периодического и непрерывного действия.

Назначение вальцевания (термической пластикации) — придать массе определенную гомогенность и пластичность. При валь-

цевании происходит ряд механо-химических превращений полимера: ориентирование клубкообразных макромолекул, частичная деструкция очень длинных цепей, окисление полимера кислородом воздуха и взаимодействие макрорадикалов с образованием боковых цепей. Ориентирование макромолекул усиливается и ускоряется при наличии разности окружных скоростей (фрикции) валков, находящейся в пределах $1 : 1—1 : 4$, причем оптимальным соотношением этих скоростей будет $1 : 1,2$, так как в этом случае получается наиболее плотная масса без включения пузырьков воздуха. При большой разности окружных скоростей вследствие увеличения воздуха вальцуемая масса получается менее плотной, с большим количеством пузырьков. Скорость валков находится в пределах $3—52$ м/мин, обычно применяемые окружные скорости $15—30$ м/мин.

Степень деструкции поливинилхлорида в основном определяется температурой вальцевания. При низких температурах создаются значительные напряжения, приводящие к разрыву макромолекул и образованию макрорадикалов, способных к различным химическим превращениям. С повышением температуры вальцевания механическая деструкция полимерных молекул уменьшается, процесс гомогенизации и пластикации массы происходит быстрее, однако увеличивается термическая деструкция полимера. Возникающие при термической деструкции макрорадикалы реагируют с кислородом воздуха, в результате чего образуются перекисные соединения, распадающиеся в условиях вальцевания на перекисные радикалы. Взаимодействие перекисных радикалов является причиной образования боковых цепей. Оптимальные рабочие температуры вальцевания: $433—453^{\circ}$ К ПВХ композиций; $413—423^{\circ}$ К полиэтилена; $383—453^{\circ}$ К пресс-порошков.

Материал подается на валки в виде отдельных кусков (например, полиэтилен, целлюлозная масса), порошкообразных или рыхлых волокнистых масс (фенопласты, аминопласты, ПВХ композиции и т. п.). Вследствие трения и адгезии загружаемая масса втягивается в зазор между валками и на выходе из него прилипает к одному из валков (в зависимости от разности температур поверхности и фрикции). Процесс гомогенизации и пластикации требует многократного пропуска массы через зазор и осуществляется циклически или непрерывно.

На вальцах циклического (периодического) действия (рис. 10, а) после загрузки (одновременно одной или последовательно несколькими порциями сырья) масса, прилипающая к одному из валков, в течение определенного времени повторно проходит через зазор и вследствие неравенства окружных скоростей валков и дополнительной загрузки массы на отдельных участках по длине вала (рис. 10, б) снова перемещается. После многократных пропусков через зазор, число которых определяется произведением времени вальцевания на угловую скорость враще-

ния валков, провальцованная масса (рис. 10, а) срезается отдельными полосами или сразу по всей длине валка (рис. 10, б) и смачивается в рулон.

На вальцах непрерывного действия (рис. 10, в) масса, подаваемая с одного торца или в середине валков, непрерывно проходит между валками, совершает вращательное и поступательное движения вдоль валка, т. е. перемещается к другому торцу (или к обоим торцам) по винтовому пути и непрерывно срезается ножом 1 в виде узкой ленты 2.

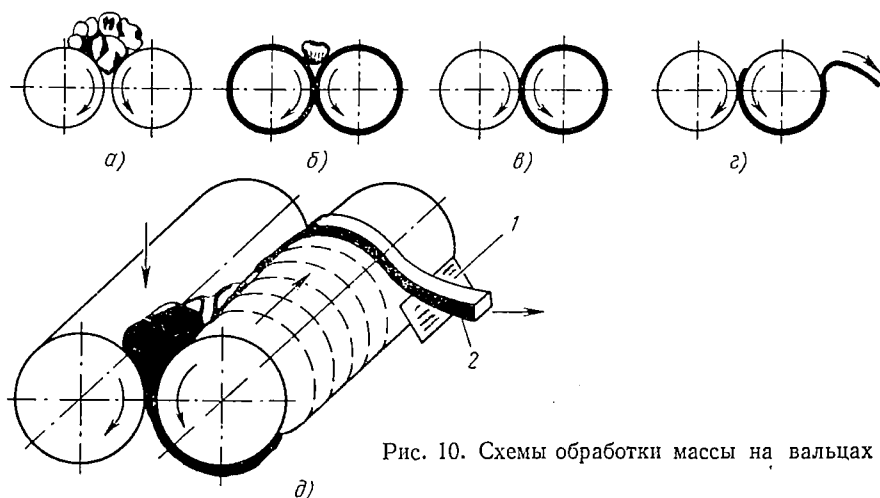
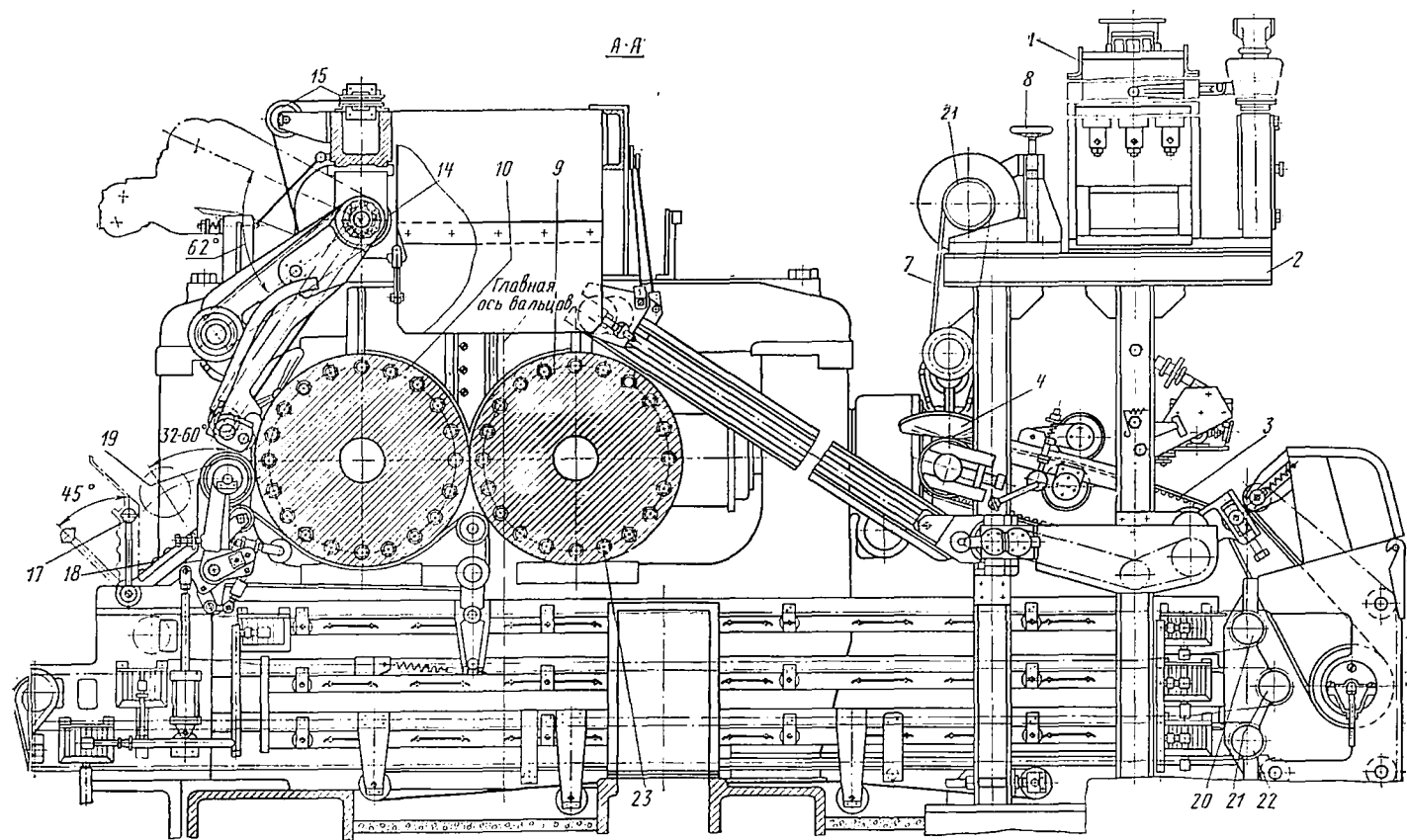


Рис. 10. Схемы обработки массы на вальцах

Технология непрерывного вальцевания является более прогрессивной, так как при этом исключается непроизводительная работа вальцов во время загрузки, выгрузки между циклами и облегчается решение задачи механизированной подрезки массы для интенсификации ее перемешивания. Непрерывное вальцевание применяют для переработки таких пластмасс, как фенол-аминопласт, ПВХ и т. д.

На рис. 11 показаны вальцы, предназначенные для вальцевания ПВХ композиций в производстве бесосновного линолеума. Сырье с помощью дозаторов поступает в приемный бункер 1, установленный на раме 2. Из бункера масса секторным питателем подается на ленточный транспортер 3, с которого срезается двумя дисковыми ножами 4 и падает на качающиеся ленточные транспортеры 5. Ножи 4 приводятся во вращение от общего электродвигателя 6 через индивидуальные клиноременные передачи 7. Зазор между образующими дисковых ножей и лентой транспортера 3 регулируется винтом 8.

С помощью транспортера 5 масса загружается в зазор между валками 9 и 10. Цапфы валков опираются на подшипники, размещенные в станине 11 вальцов. Валки приводятся от общего электродвигателя 12 через цилиндрический редуктор 13.



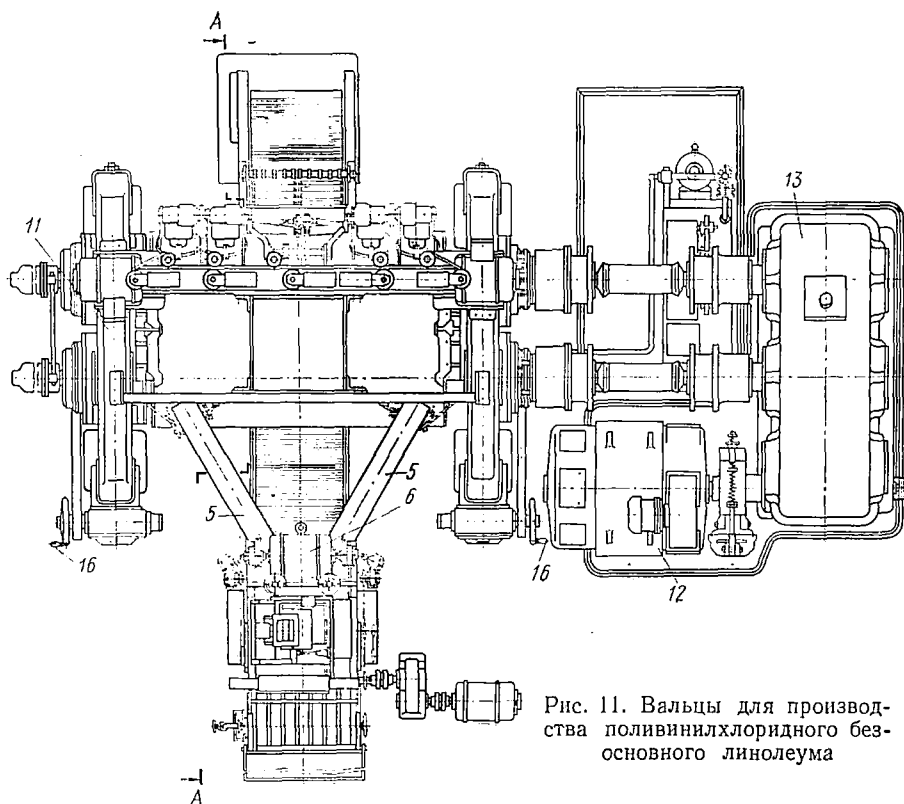


Рис. 11. Валцы для производства поливинилхлоридного безосновного линолеума

Для достижения необходимой температуры ($423\text{--}438^\circ\text{K}$) при обработке ПВХ композиций валки обогревают теплоносителем, поступающим через каналы 23. Вследствие разной скорости вращения валков достигается хорошее растирание массы и полное ее перемешивание.

В результате пропускания массы через разогретые валки происходит желатинизация ее, т. е. превращение в полупрозрачную пленку, обволакивающую задний валок 10. Перемешивающим устройством, состоящим из четырех дисковых ножей 14, срезанная масса перемещается к середине валка 10 и вторично возвращается в межвалковый зазор. После трехкратного пропускания массы через зазор перемешивающее устройство поднимается в верхнее положение (показано штрих-пунктиром) и удерживается на тросах, перекинутых через систему блоков 15.

Для выработки линолеумной массы заданной толщины (обычно $1,5\text{--}2\text{ мм}$) передняя пара валковых подшипников может перемещаться в направляющих станины при помощи нажимных винтов. Нажимные винты вращаются синхронно от общего электродвигателя через редуктор и цепные передачи или вручную махови-

ками 16. Под нажимными винтами установлены предохранительные устройства, срезающие шайбу при перегрузке вальцов.

При поднятом в верхнее положение перемешивающем устройстве к заднему валку вальцов рычагом 17 подводится неприводной рольганг 18 и ролик 19 вспомогательного устройства. Лента линолеума огибает ролик 19 и по рольгангу 18 поступает на ленточные транспортеры 20, 21, 22. Перемещаясь на транспортерах, линолеум одновременно охлаждается, и внутренние напряжения, образовавшиеся при вальцевании, снимаются.

Для интенсификации процессов смешения и пластикации полимерных материалов можно применять многовалковые смесители. На рис. 12 показан четырехвалковый смеситель — пластикатор

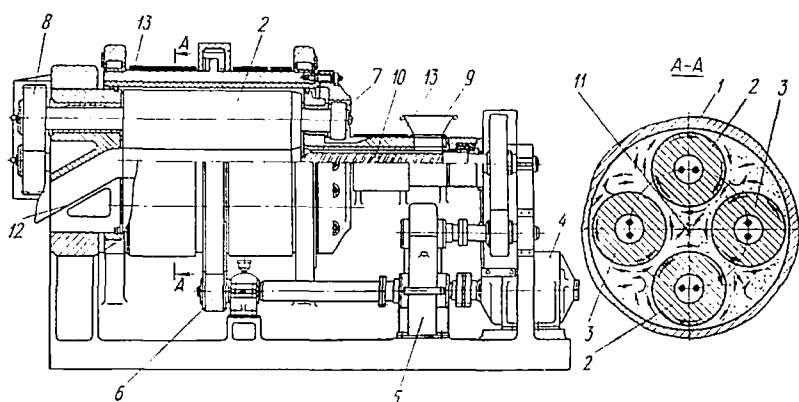


Рис. 12. Четырехвалковый смеситель-пластикатор

непрерывного действия. Корпус 1 смесителя вращается от электродвигателя 4 через редуктор 5 и зубчатую передачу 6. Валки 2 приводятся в движение через зубчатую передачу 7, а валки 3 — через зубчатую передачу 8. Смесь из бункера 9 винтовым питателем 10 подается к валкам. Зазор между валками принимается таким, что в камеру 11, ограниченную валками, поступает смеси больше, чем отводится. Вследствие этого в камере создается зона повышенного давления и масса перемещается до оси корпуса к выгрузочному лотку 12. Валки изготовляют полими. Корпус пластификатора и корпус питателя оборудованы электрообогревателями 13.

Техническая характеристика отечественных вальцов для переработки пластических масс приведена в табл. 3.

Определение основных параметров. Рассмотрим условия работоспособности вальцов в зависимости от угла захвата. Силой тяжести G (рис. 13, а) пренебрегаем из-за ее незначительности в сравнении с остальными силами. В момент захвата материала в точках соприкосновения его с валками возникают силы нормального давления P , действующие на материал под углом захвата α (в слу-

Техническая характеристика отечественных валцов
для переработки пластических масс

Валцы	Размеры валков в мм		Окружные скорости валков в м/мин		Фрикция	Удельная рас- порная сила на единицу длины валка
	Диаметр	Длина	переднего	заднего		
Лабораторные мод. ВПЛ-225×450	225	450	6,3—25	6,3— 25	От 1 : 1 до 1 : 4	5·10 ⁶
Смесительно-подогре- вательные мод. ВП-315×630	315	630	18,1— 20,6	25	От 1 : 1,38 до 1 : 1,21	1·10 ⁶
ВП-660-1500	660	1500	29	36,8	1 : 1,27	1·10 ⁶
ВП-660×2130	660	2130	24,5	27	1 : 1,11	1·10 ⁶
Для пресс-порошков ВПП-660×2130	660	2130	36 : 3	45,2	1,28	1·10 ⁶

Продолжение табл. 3

Валцы	Максимальная величина зазора в мм	Мощность при- вода в кВт	Габаритные размеры в м			Масса валцов в кг
			Длина	Ширина	Высота	
Лабораторные мод. ВПЛ-225×450	5	12	2,5	1,0	1,5	3 000
Смесительно-подогре- вательные мод. ВП-315×630	10	25	3,0	1,6	1,6	5 000
ВП-660-1500	10	100	5,0	3,41	2,2	31 500
ВП-660×2130	10	125	5,28	3,76	2,0	29 800
Для пресс-порошков ВПП-660×2130	10	125	5,74	3,86	3,1	33 100

чае симметрии для обоих валков). Разложим эту силу на составляющие: горизонтальную $P \cos \alpha$ и вертикальную $P \sin \alpha$.

Сила $2P \sin \alpha$, действующая от двух валков по вертикали, направлена вверх и стремится вытолкнуть материал. Под влиянием этой силы в местах соприкосновения материала с валками возникает сила трения $F = Pf$ (f — коэффициент трения), направленная вниз под углом 90° к силе нормального давления P .

Силу Pf можно разложить на две составляющие: $Pf \sin \alpha$ и $Pf \cos \alpha$. Сила $2Pf \cos \alpha$, действующая от двух валков, стре-

мится втянуть материал в зазор между ними. Для захвата материала необходимо, чтобы выталкивающие силы были меньше сил тягнущих, т. е. должно быть соблюдено условие

$$2P \sin \alpha \leq 2Pf \cos \alpha. \quad (35)$$

Разделив обе части неравенства на $2P \cos \alpha$, получим

$$\operatorname{tg} \alpha \leq f,$$

но $f = \operatorname{tg} \varphi$ (где φ — угол трения), следовательно,

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \varphi \text{ или } \alpha \leq \varphi.$$

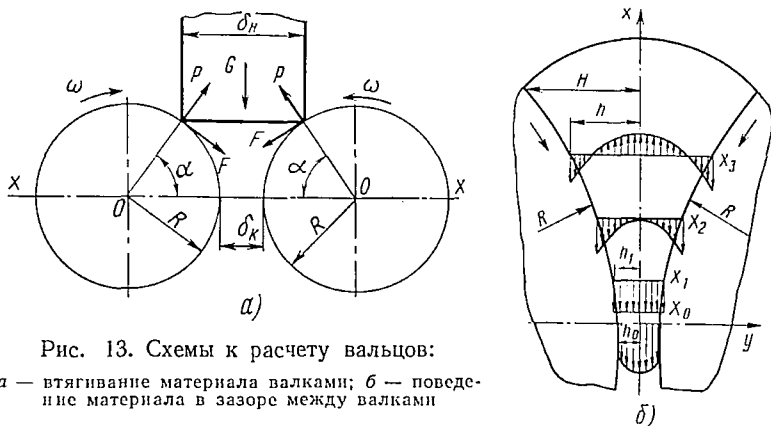


Рис. 13. Схемы к расчету валцов:

а — втягивание материала валцами; б — проведение материала в зазоре между валцами

Таким образом, для втягивания материала в зазор между валцами необходимо, чтобы угол захвата был меньше угла трения материала о поверхность валков. Если же материал втянут до уровня минимального зазора δ_k , то места приложений сил перемещаются к середине дуги захвата, а материал контактирует с валцами по всей дуге захвата. В этом случае можно записать

$$\alpha < 2\varphi,$$

т. е. угол захвата должен быть меньше двух углов трения. При этом условии необходимо применить принудительное проталкивание материала в зев валков для его переработки втягивающими силами.

Максимальная начальная толщина слоя материала (плоской ленты) δ_n , втягиваемого валцами, определяется по уравнению

$$\delta_n = \delta_k + \Delta\delta = \delta_k + 2R(1 - \cos \alpha), \quad (36)$$

где $\Delta\delta = \delta_n - \delta_k$ — линейное обжатие материала при его прохождении через зазор между валцами (δ_n, δ_k — начальная и конечная толщина материала).

При сдвинутых валках ($\delta_k = 0$)

$$\delta_n = 2R(1 - \cos \alpha) = \Delta\delta.$$

Материал деформируется по трем параметрам: длине, ширине и высоте.

Ширина в зоне деформации велика по сравнению с длиной, поэтому материал при деформации потечет в направлении, перпендикулярном к осям валков. В связи с этим возникают две зоны: зона отставания (в ней абсолютная скорость движения материала меньше окружной скорости валков) и зона опережения (в ней абсолютная скорость движения материала больше окружной скорости валков).

На основе теории упругой деформации распорную силу P можно приближенно вычислить по формуле

$$P = \frac{4 \cdot 10^5 ER^2 b_{II}}{h_{II}} \sin \alpha (1 - \cos \alpha), \quad (37)$$

где E — модуль упругости материала в Н/м^2 ; R — радиус валка в м; b_{II} и h_{II} — начальная ширина и толщина материала в м.

Определение мощности привода. Момент сопротивления вращению валков можно рассматривать состоящим из двух составляющих:

$$M = M_p + M_{тр}, \quad (38)$$

где M_p — момент для преодоления сопротивления деформации материала, который определяется по силам давления (распорным силам); $M_{тр}$ — момент сопротивления трения в подшипниках с учетом силы тяжести валков и распорных сил.

Момент сопротивления от распорной силы

$$M_p = PD \sin \alpha,$$

где D — диаметр валков в м.

Момент трения в подшипниках

$$M_{тр} = f (P + G_B) d,$$

где f — коэффициент трения в подшипниках; G_B — сила тяжести валка в Н; d — диаметр цапфы валка в м.

Мощность привода

$$N = \frac{(M_p + M_{тр}) \omega}{\eta}; \quad (39)$$

здесь η — к. п. д. зубчатой пары (фрикционной и трансмиссионной) или редуктора; ω — угловая скорость вращения валка в рад/с.

Мощность электродвигателя вальцов достигает максимальной величины только на короткое время (около 2—3 мин). Поэтому мощность устанавливаемого электродвигателя (при коэффициенте перегрузки, равном 2) может быть в 1,5—2 раза меньше расчетной мощности.

При вальцевании полимерный материал претерпевает следующие виды деформаций: упругую, высокоэластичную и пластическую. Такая деформация полимерных материалов в зазоре между вращающимися валками подчиняется определенным закономерностям, описывающим процесс деформирования неньютоновских, высоковязких масс. Эти закономерности позволяют рассматривать процессы вальцевания с позиций гидродинамики, создавая предпосылки для расчета их энергосиловых параметров и производительности.

Наиболее математически просто описывается поведение полимерного материала на валках, если предположить, что эффективная вязкость массы существенным образом не изменяется при переработке и зависит от некоторой средней величины градиента скорости. В этом случае полимерный материал может быть описан выражением, аналогичным уравнению для ньютоновской жидкости, которая подчиняется следующему закону течения:

$$\tau = \mu_3 \frac{\partial v}{\partial y}, \quad (40)$$

где τ — напряжение сдвига; $\frac{dv}{dy}$ — градиент скорости; μ_3 — усредненный или эффективный коэффициент вязкости.

Возможность использования уравнения (40) определяется следующими допущениями (геометрическую схему, поясняющую поведение материала в зазоре между валками, см. на рис. 13, б):

1) режим установившегося течения материала в зазоре — ламинарный;

2) материал прилипает к поверхностям валков, при этом скорости слоев у поверхностей равны v ;

3) гравитационные и инерционные силы незначительны;

4) течение материала рассматривается как одномерное (материал перемещается в основном в зазор), т. е. $v_x > v_y$, а $\frac{dv_x}{dy} \ll$

$\ll \frac{dv_y}{dy}$;

5) гидродинамические давления на входе полимера в валки и на выходе из них равны нулю; давление в плоскостях, параллельных осям валков, не меняется в направлении осей y и z .

Гидродинамический анализ установившегося процесса переработки (по профилю распределения скоростей, приведенному на рис. 13, б) показывает, что существуют две принципиально различные области течения, которые разделены сечением X_2 [19].

До сечения X_2 , начиная с сечения X_3 при величине зазора h , происходит поступательное движение материала у поверхности валков в сторону зазора и встречное движение в центре потока. Ниже сечения X_2 материал движется только поступательно. Скорость слоев материала у поверхности валков больше, чем в центре. По мере уменьшения зазора скорость массы в центре возрастает

от нуля до величины v . Эпюра скоростей приобретает форму прямоугольника, боковая сторона которого соответствует линейным скоростям валков.

Начиная с сечения X_1 , при величине зазора h_1 скорость слоев материала центральной зоны превышает линейные скорости валков и в минимальном сечении достигает максимального значения. При введении фрикции характер сечения сохраняется, однако линии тока в данном случае смещены в сторону тихоходного валка. При этом в сечении X_1 эпюра скоростей будет иметь форму трапеции, боковые стенки которой соответствуют линейным скоростям валков. В остальных сечениях эпюры скоростей также несимметричны. Существование поступательного и встречного течения материала объясняет наблюдаемое на практике явление вращения «запаса». Причем внутри запаса материал также перемещается по двум замкнутым траекториям, которые в центральной зоне сводятся в неподвижные центры. Наличие замкнутых траекторий и отсутствие осевых перемещений слоев перерабатываемых материалов существенно снижает смешительный эффект вальцов.

Для расчета основных параметров процессов переработки рекомендуются следующие зависимости.

Распорная сила определяется по формуле

$$P = 2\mu_3 v R L \left(\frac{1}{h_0} - \frac{1}{H} \right) \quad (41)$$

или с учетом фрикции

$$P = \frac{(1+i)\mu_3 v_1 R L}{2h_0}, \quad (42)$$

где H — величина запаса материала; L — длина рабочей части валка; v_1 — скорость переднего валка; i — фрикция; h_0 — минимальная величина зазора.

Для определения крутящих моментов и мощности по гидродинамической теории вальцевания согласно работам К. С. Маленко можно пользоваться следующими формулами:

$$M_1 = \frac{3C_1 k \alpha_{\Phi_1}^n v_1^n (1+i) R \sqrt{RL}}{\alpha_{\Phi_1} \sqrt{\delta_k}}; \quad (43)$$

$$M_2 = \frac{3C_2 k \alpha_{\Phi_2}^n v_1^n (1+i) R \sqrt{RL}}{\alpha_{\Phi_2} \sqrt{\delta_k}}; \quad (44)$$

$$M = \frac{6Ck \alpha_{\Phi}^n v_1^n (1+i)^2 \sqrt{RL}}{\alpha_{\Phi} \sqrt{\delta_k}}; \quad (45)$$

$$N = \frac{3Ek \alpha_{\Phi}^n v_1^n (1+i)^2 \sqrt{RL}}{\alpha_{\Phi} \sqrt{\delta_k}}, \quad (46)$$

Наименование материала	n	k	Температура переработки в К
Пластицированный ПВХ	0,2—0,28	0,6—1	423
Непластицированный ПВХ	0,34	1,5	438—448
Линолеум (31% смолы С-5)	0,4	0,87	398—408

где M_1 и M_2 — момент сопротивления от сил вязкого трения для тихоходного и быстроходного вала; M — суммарный крутящий момент; N — суммарная мощность; k и n — реологические параметры, имеющиеся в справочной литературе; некоторые из них приведены в табл. 4; $\alpha_{эф}$ — эффективный градиент скорости;

$$\alpha_{эф} = \frac{3(1+i)\sqrt{RT}}{2l\sqrt{\delta_k}}; \quad (47)$$

$$\alpha_{эф_1} = \frac{(1+i)\sqrt{RT_1}}{l\sqrt{\delta_k}}; \quad (48)$$

$$\alpha_{эф_2} = \frac{(1+i)\sqrt{RT_2}}{l\sqrt{\delta_k}}. \quad (49)$$

Значения коэффициентов C_1 , C_2 , C и E при некоторых Δ и i приведены в табл. 5 [25].

Значения коэффициентов T_1 , T_2 , T при некоторых Δ и i приведены в табл. 6.

$$l = R \arcsin \frac{\delta_k(\Delta - 1)}{2R} \sqrt{\frac{4R}{\delta_k(\Delta - 1)} - 1},$$

где l — длина дуги захвата; $\Delta = \frac{\delta_H}{\delta_k}$ — безразмерный параметр; δ_H — начальная толщина материала; δ_k — минимальный зазор

Т а б л и ц а 5
Значения коэффициентов C , C_1 , C_2 и E

Кoeffициент	i	$\Delta = 5$	$\Delta = 7$	$\Delta = 10$	$\Delta = 15$	$\Delta = 20$	$\Delta = 30$
C_1	1	0,1472	0,1824	0,2451	0,2923	0,3252	0,365
C_1	1,2	0,08	0,1241	0,1745	0,2203	0,2525	0,2917
C_1	1,4	—0,023	0,016	0,064	0,107	0,133	0,175
C_2	1	0,1472	0,1824	0,2451	0,2923	0,3252	0,365
C_2	1,2	0,233	0,280	0,337	0,3883	0,423	0,465
C_2	1,4	0,295	0,350	0,406	0,458	0,4933	0,534
C	—	0,1472	0,1824	0,2451	0,2923	0,3252	0,365
E	1	0,1472	0,1824	0,2451	0,2953	0,3252	0,365
E	1,2	0,1518	0,1861	0,2507	0,2983	0,3293	0,371
E	1,4	0,1618	0,1971	0,2607	0,3093	0,3422	0,3842

Значения коэффициентов T_1 , T_2 и T

Коэффициент	i	$\Delta = 5$	$\Delta = 7$	$\Delta = 10$	$\Delta = 15$	$\Delta = 20$	$\Delta = 30$
T_1	1	0,608	0,765	0,923	1,07	1,169	1,288
T_1	1,2	0,425	0,554	0,716	0,861	0,959	1,072
T_1	1,4	0,265	0,399	0,542	0,685	0,779	0,889
T_2	1	0,608	0,765	0,923	1,07	1,169	1,288
T_2	1,3	0,783	0,952	0,117	1,269	1,375	1,492
T_2	1,4	0,916	1,09	1,262	1,42	1,527	1,650
T	—	0,405	0,506	0,6125	0,715	0,781	0,862

между валками; R — радиус валка; L — длина бочки валка; v_1 — скорость тихоходного валка.

Различают две схемы подсчета производительности вальцов: с многократным и однократным пропуском материала через зазор.

Для расчета производительности вальцов периодического действия (1-я схема), если известно необходимое время обработки, можно пользоваться следующей формулой:

$$m_t = \frac{G_n}{t} \eta, \quad (50)$$

где $\eta = 0,8 \div 0,9$ — коэффициент использования машинного времени; G_n — масса навески, одновременно загружаемой на вальцы, в кг; t — длительность цикла переработки в с, которое зависит от времени загрузки, выгрузки и переработки.

Величина навески определяется опытным путем, или по эмпирической формуле

$$G_n = 0,065 \div 0,085 D l \rho,$$

где D — диаметр заднего валка в м; l — длина рабочей части валка в м; ρ — плотность массы в конце вальцевания в кг/м^3 .

Г. В. Добролюбов предлагает определять объем загружаемого на вальцы материала по формуле

$$V = [8\pi R_2 H_1 + (H_0 + H_1) a] b, \quad (51)$$

отмечая, что это уравнение учитывает зависимость объема единовременной загрузки от величины зазора,

где R_2 — радиус переднего валка; H_1 — $1/2$ минимального зазора между валками; H_0 — $1/2$ начальной толщины материала; a — высота зоны деформации материала.

Производительность вальцов с однократным пропуском материала через зазор

$$m_t = v_n b h_0 \rho \varphi, \quad (52)$$

где v_n — линейная скорость материала при выходе его из области деформации в м/с; h_0 — величина зазора в м; b — ширина ленты материала в м; ρ — плотность материала на выходе в кг/м³; $\varphi = 0,8 \div 0,9$ — коэффициент использования машины.

Скорость v_n не равна окружной скорости вала, на который налипают материал. На величину скорости v_n кроме окружной скорости валков влияют опережение и трение.

В межвалковом пространстве вальцов материал проходит сначала зону отставания, затем нейтральную зону и далее зону опережения. В зоне опережения средняя скорость материала больше окружной скорости валков

$$v_n = \psi v, \quad (53)$$

где ψ — коэффициент опережения; v — окружная скорость вала.

При наличии трения i вместо величины ψ в уравнение (53) необходимо подставить значение

$$\psi_i = \psi \frac{1 + \frac{1}{i}}{2}.$$

Перемешивание исходных сыпучих, волокнистых и других материалов с пластификаторами и доведение получаемой массы до комкообразного или тестообразного состояния производится в роторных смесителях закрытого типа (рис. 14). Внутри смесительной камеры 1 вращаются навстречу друг другу с разной скоростью два полых ротора 2. Массу загружают в смесительную камеру через воронку 3 при открытой дверке. Во время перемешивания роторами масса находится еще и под давлением плунжера 4 пневмоцилиндра 5, вследствие чего происходит эффективная пластикация материала. Готовая смесь выгружается из камеры через нижнее отверстие, перекрытое скользящим затвором 6, который перемещается пневмоцилиндром 7. Роторы приводятся от электродвигателей 8 через блок-редуктор 9. В качестве теплоносителя применяют пар или перегретую воду. Камера, роторы и затворы имеют водяное охлаждение.

Техническая характеристика отечественных роторных смесителей приведена в табл. 7.

Производительность смесителей закрытого типа

$$m_t = \frac{V \rho \eta \beta}{\tau}, \quad (54)$$

где V — объем рабочей камеры в м³; $\beta = 0,54$ — коэффициент заполнения; ρ — плотность массы материала в кг/м³; $\eta = 0,8 \div 0,9$ — коэффициент использования машинного времени; τ — продолжительность цикла смешения в с.

Техническая характеристика роторных смесителей

Тип смесителя	Объем смесительной камеры в л		Частота вращения роторов в об/мин		Фрикция	Давление на смесь в Н/м ²
	свободный	рабочий	переднего	заднего		
СП-45	70	45	29,7	33,9	1,143	1,7 · 10 ⁵
СП-180	180	150	50,2	58,8	1,17	5 · 10 ⁵

Продолжение табл. 7

Тип смесителя	Электродвигатель привода		Рабочее давление в Н/м ²			Масса в кг
	N в кВт	n в об/мин	пара	воды	воздуха	
СП-45	125	950	11 · 10 ⁵	6 · 10 ⁵	6 · 10 ⁵	17 445
СП-180	1250	1500	17 · 10 ⁵	6 · 10 ⁵	6 · 10 ⁵	55 000

Мощность роторного смесителя Ф. Б. Губер предлагает определять на основе степенного закона по формуле

$$N = 33,3k(\pi v)^{n+1} \left\{ [l_1(0,5^{n+1} + 0,865^{n+1}) + 2l_2 \cdot 0,705^{n+1}] F + \left(\frac{D_p}{h_0} \right)^{n+1} h_0 b (l_1 + l_2) \right\}, \quad (55)$$

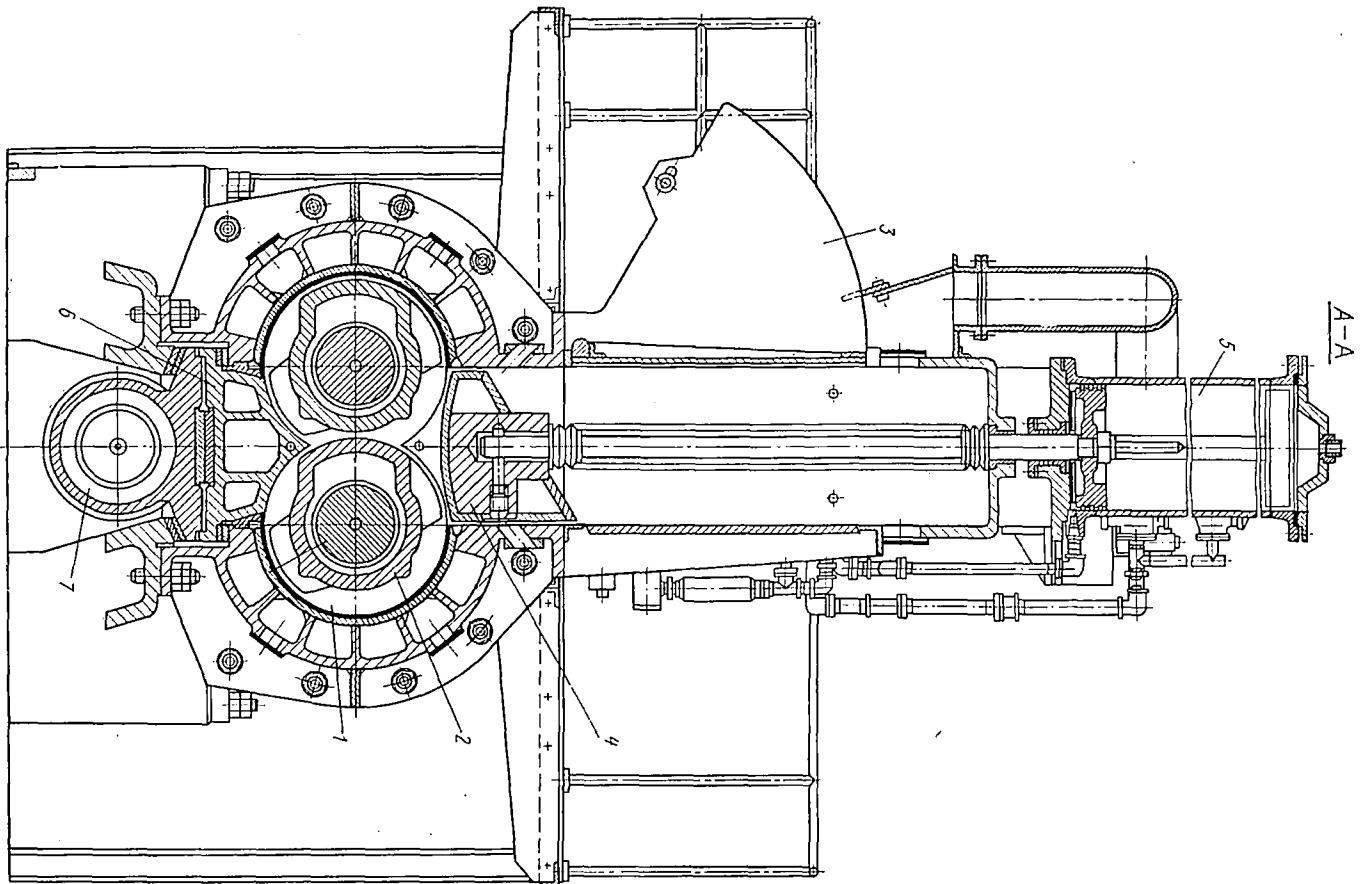
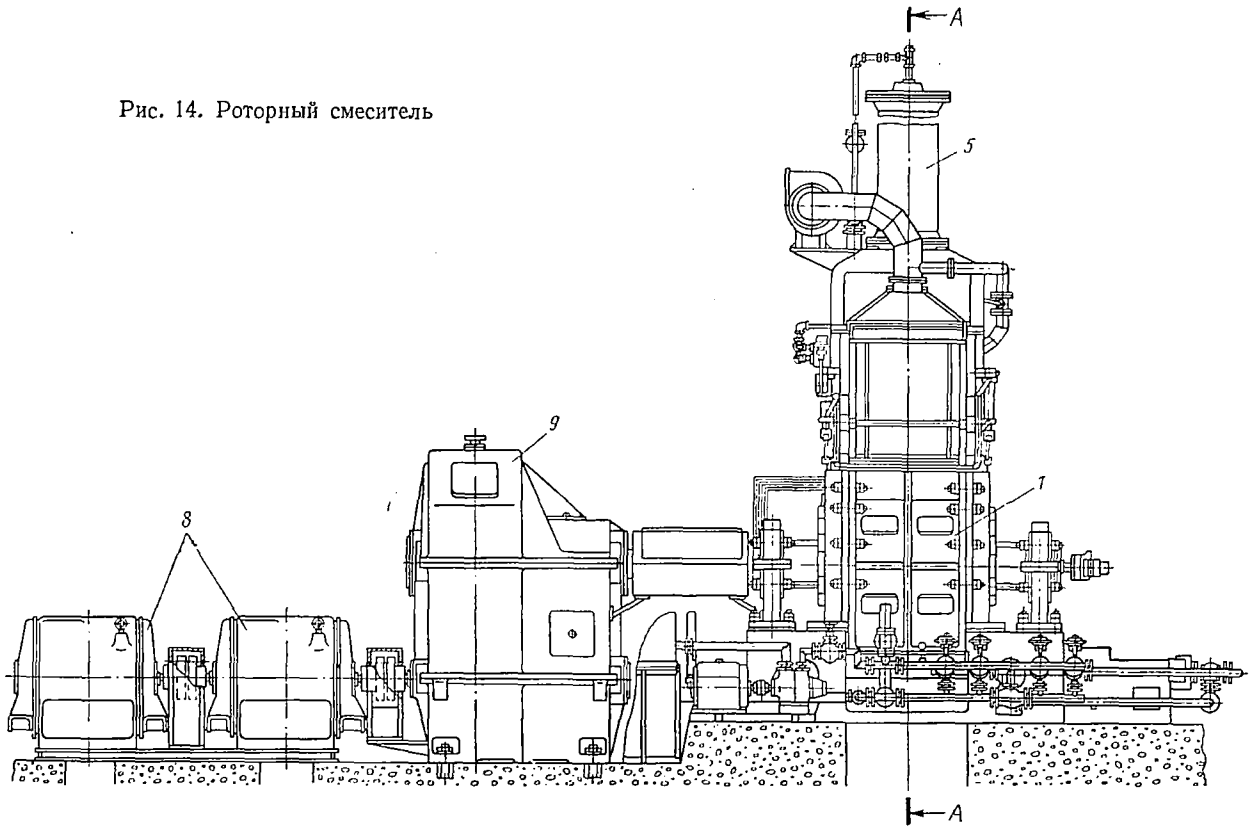
где v — частота вращения заднего и переднего роторов в об/мин; l_1 и l_2 — длина соответственно длинного и короткого гребней ротора в см; D_p — диаметр гребня ротора по кромке в см; h_0 — зазор между кромкой гребня ротора и камерой в м; b — ширина кромки в м; k и n — реологические константы;

$$F = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{D_k}{h_i} - 2 \right)^{n+1} f_i;$$

i — число элементов, на которое разбивается деформирующий объем, в зазоре между ротором и камерой; D_k — внутренний диаметр камеры смесителя в см; h_i — зазор между гребнем ротора и камерой для элемента в см; f_i — площадь сечения i -го элемента в см².

К наиболее характерным представителям группы смесителей непрерывного действия относятся червячные прессы, что обуслов-

Рис. 14. Роторный смеситель



лено деформацией, которое подвергается смесь при ее ламинарном течении в канале машины непрерывного выдавливания. Преимуществом смесителей червячного типа является отсутствие в них «мертвых зон», вследствие чего они пригодны для переработки легко разлагающихся термопластичных композиций, а также для пластикации чувствительных к перегреванию термоактивных масс. На рис. 15, а показан одночервячный смеситель. На станине 1 монтируется разъемный цилиндр 2, в котором установлен трехзаходный червяк 3 с тремя продольными проре-

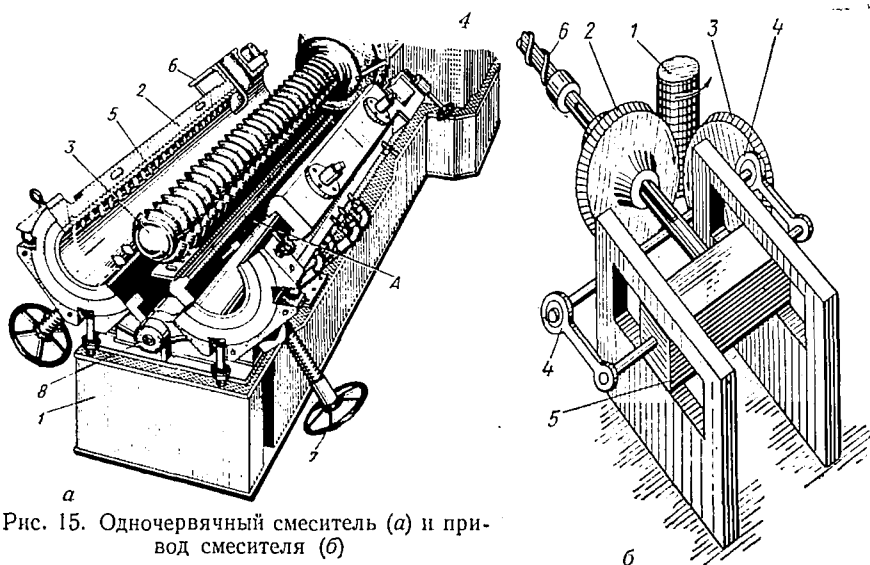


Рис. 15. Одночервячный смеситель (а) и привод смесителя (б)

зьями А. Червяк вращается от электродвигателя через клиноременную передачу и редуктор 4. Одновременно с вращением червяк совершает возвратно-поступательные движения на длину от одного шага, проходя при этом своими прорезями через ряд специально смонтированных в цилиндре зубьев 5, способствующих перемешиванию. Для совмещения вращательного и возвратно-поступательного движений червяка 3 использован механический привод (электродвигатель и редуктор), с ведомого вала которого движение через соосный червяк 1 передается (рис. 15, б) червячной шестерни 2, расположенной на валу червяка 6, и через второе червячное колесо 3 и шатунно-эксцентриковый механизм 4 — специальной каретке 5, сообщающей возвратно-поступательное движение осциллирующему червяку 6.

Основное сырье подается в смеситель через загрузочную воронку 6 (см. рис. 15, а), а пластификатор и красители — через боковое отверстие в цилиндре. При чистке машины половины цилиндра разводятся с помощью винтовых механизмов 7 и откидываются на шарнирах 8. Обогревается машина по секциям электро-

нагревательными элементами. Загрузочная часть цилиндра и червяка охлаждается водой.

Производительность осциллирующего смесителя по червяку Д. Д. Рябинин и Ю. Е. Лукач предлагают определять по формуле

$$m_t = \frac{\pi (D^2 - d^2) t k l \cos \alpha n \eta}{4 \pi D}, \quad (56)$$

где D и d — наружный и внутренний диаметры червяка в м; t — шаг левой резьбы червяка в м; k — число зубьев в одном витке

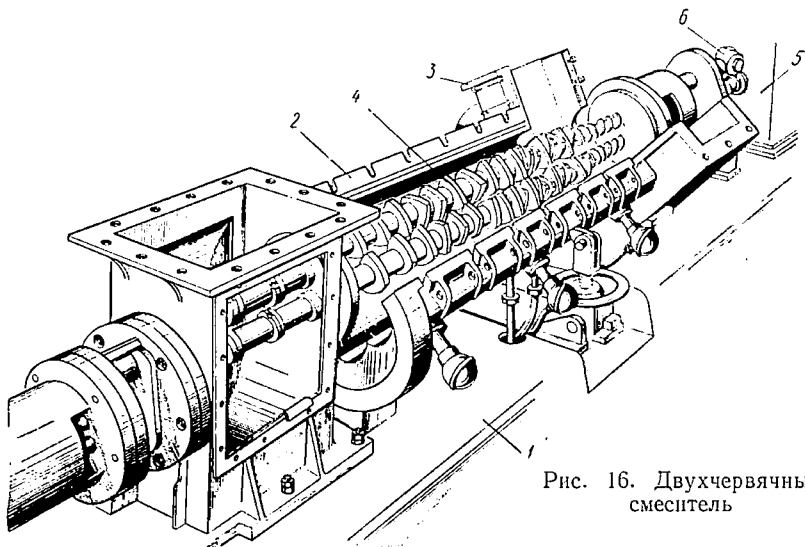


Рис. 16. Двухчервячный смеситель

червяка, равное числу рядов формовочных зубьев; l — длина одного зуба витка червяка в м; α — угол наклона винтовой линии левой резьбы червяка

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi D};$$

n — частота вращения червяка в об/с; ρ — плотность перерабатываемого материала в кг/м³; $\eta = 0,1 \div 0,25$ — объемный коэффициент производительности червяка.

Для смешения с наполнителями расплавленной фенолформальдегидной смолы применяют двухчервячный гомогенизатор-смеситель (рис. 16). На станине 1 гомогенизатора смонтирован съемный цилиндр 2 с загрузочной воронкой 3. В цилиндре размещены два червяка 4, вращающиеся от электродвигателя через редуктор 5 и карданные валы 6.

Производительность двухчервячного смесителя с вращением червяков в одну сторону

$$m_t = 2kn\rho \left[\pi h (t - b) \left(Dc + Df_1 \frac{\cos^2 \alpha}{2} - Df_2c - hc \right) - Ft \right], \quad (57)$$

где $k = 0,6$ — коэффициент, учитывающий влияние смесительных кулачков; n — частота вращения в об/с; h — глубина винтового канала в м; t — шаг винтовых линий в м; b — условная ширина гребня витка в м; D — диаметр червяка в м; α — угол наклона винтовой линии; $f_1 = 0,64$ и $f_2 = 1,05$ — коэффициенты, учитывающие влияние боковых стенок и кривизну канала; $c = 0,28$ — поправочный коэффициент; F — площадь сегментного зацепления в м².

Мощность, расходуемая приводом на работу в радиальном зазоре при встречном вращении червяков,

$$N = \mu n^2 (D - h)^3 \left(\frac{1}{\delta_1} - \frac{1}{\delta_2} \right) L, \quad (58)$$

где μ — динамическая вязкость в Н·с/м²; n — частота вращения червяка в об/с; D — диаметр червяка в м; h — глубина нарезки в м; δ_1 — радиальный зазор между витками в м; δ_2 — толщина слоя материала, находящегося перед входом в зазор; L — длина червяка в м.

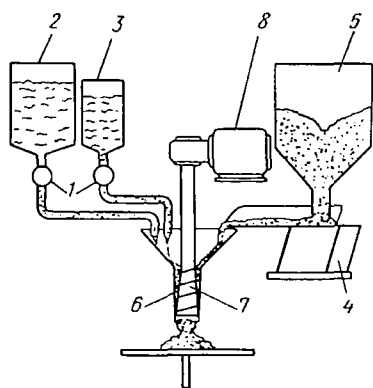


Рис. 17. Смеситель непрерывного действия для смешения эпоксидных композиций

Для составления эпоксидных композиций применяют смеситель непрерывного действия (рис. 17). Смола и отвердитель подаются в смеситель шестеренными насосами 1 соответственно из бункеров 2 и 3, наполнитель — вибропитателем 4 из бункера 5. Компоненты смеси поступают в корпус 6 смесителя с вращающимся вертикальным червяком 7, обеспечивающим большую степень сжатия. Червяк приводится от электродвигателя 8.

Для переработки жестких поливинилхлоридных смол, когда требуется высокая степень гомогенизации и пластикации, применяют комбинированную установку типа «Комбипласт», представляющую собой несколько двухчервячных прессов, расположенных под прямым углом по отношению друг к другу. Рама установки образована направляющими колоннами 1 (рис. 18) и плитами 2. К плитам крепят корпуса 3 двухчервячных прессов с вращающимися червяками. Червяки составные, они представляют собой валы 4, на которых монтируются червячные втулки 5 и месительные диски 6. На выходном конце смесителя устанавливают сетку 7 и головку 8. Смесь загружают через воронки 9 или с помощью двухчервячных дозировочных прессов 10, которые монтируют в одном из корпусов основного смесителя. Конструкция червяка 11 вертикальных прессов аналогична конструкции горизонтальных

червяков. Зазор между червяками в каждой зоне установки регулируется механизмами 12. Для охлаждения в корпусах и червяках предусмотрены каналы А и Б. Обогреваются корпуса электро-

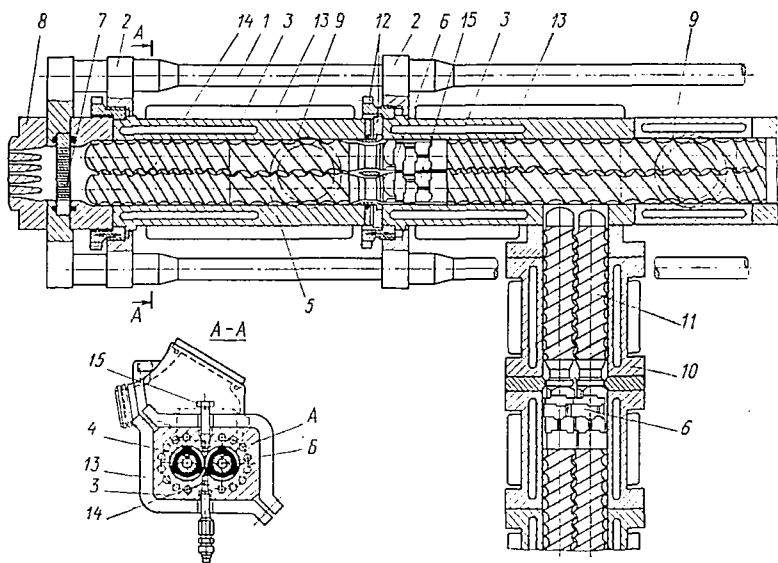


Рис. 18. Комбинированный смеситель

обогревателями 13. Для контроля и регулирования температуры каждой зоны установки предусмотрены терморпары 14. Летучие вещества удаляются через штуцер 15.

Глава II. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТАБЛЕТИРОВАНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Таблетирование — это процесс (предшествующий прессованию) изготовления из порошкового или волокнистого терморективного материала таблеток определенной формы, размеров и плотности. Таблетирование применяют для повышения теплопроводности материала, удаления воздуха из него, уменьшения размера загрузочной камеры пресс-формы, сокращения длительности подогрева и прессования при изготовлении изделий, а также для обеспечения чистоты рабочего места. Так, например, время выдержки при прессовании таблетированного материала уменьшается в 2—3 раза, а удельное давление в 2 раза.

Таблетки изготовляют массой от нескольких граммов до нескольких килограммов под давлением 50—150 МН/м²; при этом объем материала уменьшается примерно в 2 раза. Опыт прессования изделий из термореактивных материалов показал, что наилучшие результаты достигаются при форме таблеток, сходной с формой изделия. Процесс таблетирования состоит из четырех операций: подачи реактопласта в матрицу, сжатия его пуансоном, выталкивания таблетки из матрицы и сбрасывания таблеток.

Порошкообразные реактопласты таблетуют на таблеточных машинах, а волокнистые — на гидравлических прессах или специально оборудованных таблеточных машинах.

Таблеточные машины в зависимости от типа привода подразделяются на механические, гидравлические и пневматические; в зависимости от расположения пуансона и матрицы — на горизонтальные и вертикальные. В зависимости от количества таблетующих пуансонов машины бывают однопуансонные и многопуансонные. Наибольшее распространение получили механические и гидравлические таблеточные машины.

Машину следует выбирать с учетом затрат времени на выработку одной таблетки определенного диаметра и плотности:

$$T = t_{\text{опер}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{i} \quad (59)$$

где T — калькуляционное время в с; $t_{\text{опер}}$ — время, израсходованное на изготовление одной таблетки, в с; $t_{\text{п.з}}$ — подготовительно-заключительное время, расходуемое на настройку машины и наладку процесса при переходе к новому типоразмеру таблетки, в с; i — количество таблеток в партии одного типоразмера.

§ 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ТАБЛЕТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Механические таблеточные машины подразделяются на эксцентрикковые и ротационные.

Эксцентрикковые таблеточные машины применяются для изготовления точных по массе таблеток диаметром 12—100 мм и высотой 15—200 мм при усилии прессования от $2 \cdot 10^3$ — $1 \cdot 10^5$ Н.

На станине 1 эксцентрикковой машины (рис. 19) монтируют механизмы дозирования, прессования, выталкивания и привода. Механизм дозирования представляет собой бункер 2 с загрузочным ковшом 3, который при помощи механизма, состоящего из кулачка 5, ролика 6, укрепленного на рычаге 7 и серье 8, может поворачиваться вокруг вертикальной оси.

Материал, загруженный в матрицу 4, прессуется пуансоном 9. Возвратно-поступательное движение пуансон получает от эксцентриккового вала 10 через шатун 11 и ползун 12. Ход пуансона регулируется червяком 13, который входит в зацепление с червячным колесом 14 — эксцентрикковой втулкой, состоящей из двух половин. При вращении червяка эксцентрикковая втулка поворачи-

чивается в корпусе шатуна и расстояние от оси эксцентрика 15 до оси пальца 16 ползуна изменяется.

Готовая таблетка удаляется из матрицы выталкивателем 17. Возвратно-поступательное движение выталкиватель получает от механизма, состоящего из кулачка 18, в пазу которого находится ролик 19, и штанги 20 с вилкой 21. При подъеме штанги вилка

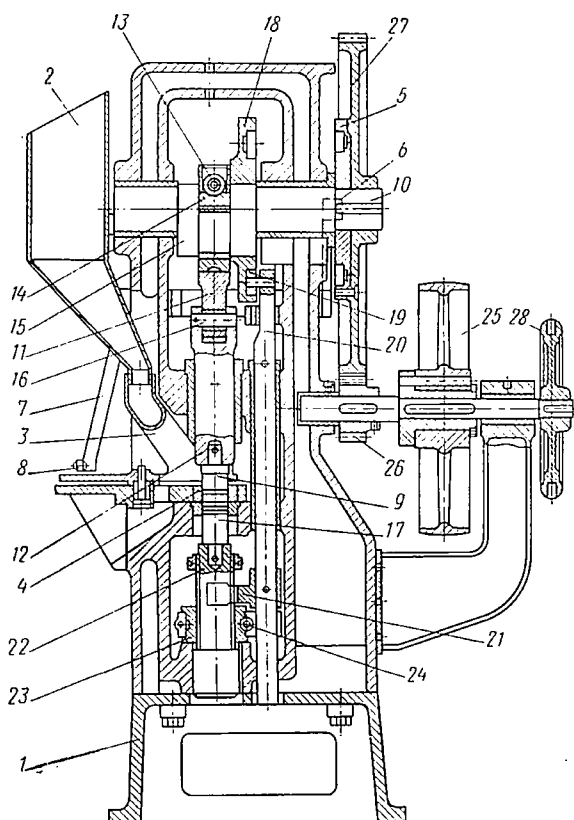


Рис. 19. Эксцентриковая таблеточная машина

упирается в гайку 22 и поднимает выталкиватель 17. Ход выталкивателя вниз регулируется гайкой 23 при помощи червячного механизма 24. Перемещение выталкивателя вверх зависит от установки гайки 22, так как часть пути штанги 20 движется при неподвижном выталкивателе. Вал 10 вращается от электродвигателя через шкив 25 ременной передачи и зубчатые колеса 26 и 27. Для наладки машины предусмотрен проворот эксцентрикового вала вручную штурвалом 28.

В связи с плохой таблетированностью волокнистых пресс-материалов разработан горизонтальный эксцентриковый пресс-

автомат, где предусмотрено предварительное измельчение материала АГ-4С. Волокнистый пресс-материал в количестве большем, чем вес таблетки, подается из бункера шибером 1 (рис. 20, а) в неподвижную матрицу 2. Прессование осуществляется в подвижной матрице 3 (рис. 20, б) между торцами подвижного 4 и неподвижного 5 пуансонов. Избыток материала выдавливается в виде заусенца через щель А, имеющуюся в подвижной матрице. Готовая таблетка 6 (рис. 20, в) выталкивается пуансоном 5 при перемещении матрицы 3 влево. Избыток пресс-материала возвращается элеватором в бункер. Подвижный пуансон приводится от кривошипно-шатунного механизма.

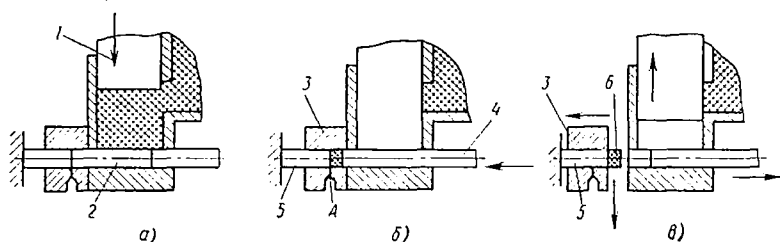


Рис. 20. Схема прессования таблеток из пресс-материалов:

а — загрузка материала; б — прессование; в — выталкивание и сбрасывание таблетки

Ротационные таблеточные машины с количеством гнезд в роторе 10—30 применяются для изготовления таблеток диаметром до 70 мм.

Ротационные машины в зависимости от количества таблеток, изготавливаемых за один оборот ротора с каждого гнезда матрицы, подразделяются на одно-, двух-, трех- и четырехпозиционные. В зависимости от конструкции пуансонов и характера их движения ротационные машины делятся на два типа: 1) машины, у которых движение пуансонов сопровождается трением качения, и 2) машины, перемещение пуансонов у которых сопровождается трением скольжения.

На рис. 21 показана ротационная однопозиционная таблеточная машина первого типа для формирования таблеток из фенопласта и аминопласта. Машина имеет станину 1, верхнюю 2 и нижнюю 3 плиты, соединенные колоннами 4, ротор 5 и привод. В роторе, состоящем из трех плит, расположены 15 одногнездных матриц 6 и такое же количество верхних 7 и нижних 8 пуансонов с прессующими 9 и подъемными 10 роликами, муфты включения 11 цилиндрической 12 и червячной 13 передач, червячного колеса 14, которое укреплено на вертикальном валу 15. Вал с ротором вращается при включении муфты рычагом 16. В верхней части машины установлен бункер 17 с мешалкой 18, приводимой от зубчатой передачи 19. Высота заполнения матрицы регулируется штурвалом 20. Готовые таблетки сталкиваются в приемную тару по лотку 21.

На рис. 22 показаны развернутая схема и циклограмма однопозиционной таблеточной машины, у которой перемещение пуансонов с роликами сопровождается трением качения. Ротор вращается по часовой стрелке. Нижние 1 и верхние 2 пуансоны вра-

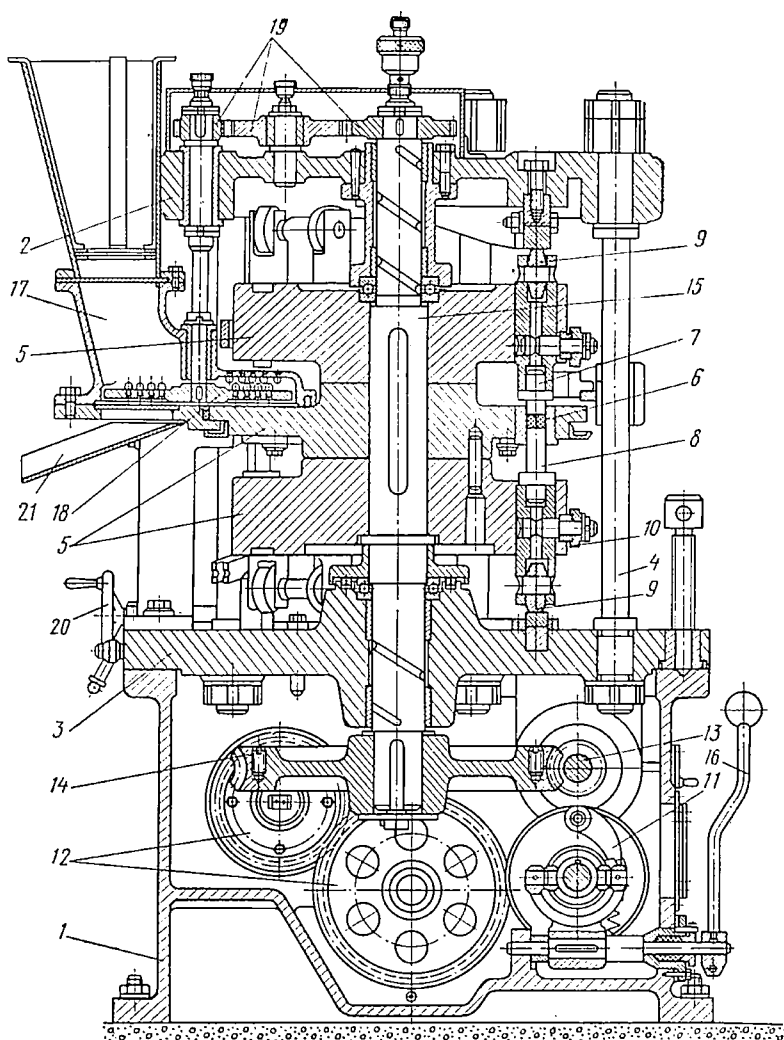


Рис. 21. Ротационная однопозиционная таблеточная машина

щаются совместно с ротором и одновременно перемещаются по вертикали перпендикулярно плоскости ротора. Вращающийся пятилопастной ворошитель (на схеме не показан) со скоростью, в 3 раза превышающей скорость машины, равномерно подает пресс-порошок в матрицу 3, глубина заполнения матрицы, а следо-

вательно, и масса таблетки регулируются при помощи механизма 4, а изменения силы таблетирования — клиньями 5. Материал дозируется при перемещении бокового ролика нижнего пуансона по составному дозировочному копиру 6, средняя часть которого движется по высоте. Для уменьшения распыления порошка при заходе верхнего пуансона в матрицу нижний пуансон опускается вниз. Двустороннее прессование таблетки осуществляется за счет перемещения торцовых роликов верхнего и нижнего пуансонов по копирам 7 и 8, при этом профиль копира обеспечивает выдержку

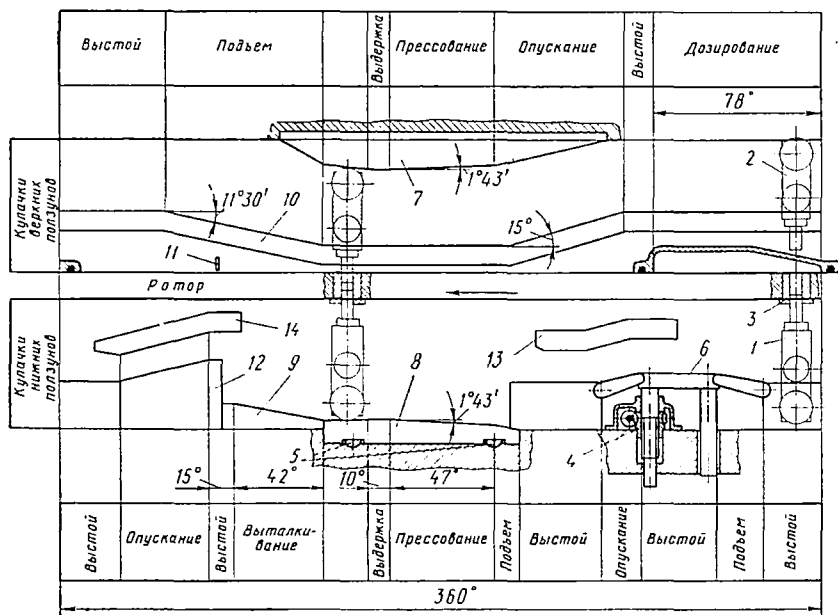


Рис. 22. Схема и циклограмма роторной однопозиционной таблеточной машины

давления прессования при повороте ротора на 10° . Готовая таблетка выталкивается нижним пуансоном, торцовые ролики которого перемещаются по клину 9, при этом верхний пуансон с некоторым опережением поднимается при обкатывании бокового ролика по копиру 10. Таблетки сбрасываются в лоток упором 11. Переход нижних пуансонов из верхнего положения в нижнее перед дозированием происходит при перемещении бокового ролика по копиру 12. Для принудительного движения вниз нижних пуансонов, если их собственного веса недостаточно для преодоления сопротивления в направляющих, предусмотрены копиры 13 и 14.

На рис. 23 показана развернутая схема ротационной трехпозиционной таблеточной машины, у которой перемещение пуансонов сопровождается трением скольжения. В станине машины расположены электродвигатель 1, червячный редуктор 2, два

ротора 3, три бункера и три пары таблетующих роликов 4. В верхней части ротора установлены пуансоны 5, а в нижней — пуансоны 6. Ротор приводится от электродвигателя 1 через клиноременную передачу 7, муфту включения 8 и редуктор 2. Верхние и нижние пуансоны вращаются вместе с ротором, одновременно перемещаясь в вертикальной плоскости. При скольжении головок нижних пуансонов 6 по дозировочным копирам 9 происходит заполнение матриц материалом.

Масса таблеток регулируется винтовыми механизмами 10. Пуансоны сближаются при помощи промежуточных копиров 11. Окончательно таблетки прессуются при скольжении головок пуан-

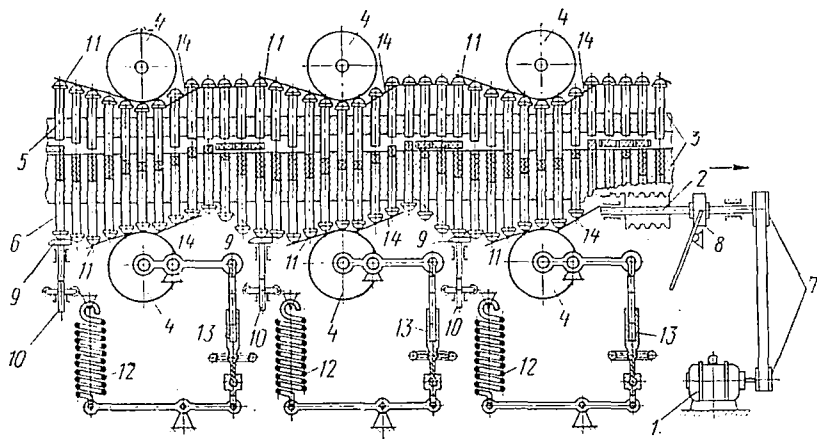


Рис. 23. Схема ротационной трехпозиционной таблеточной машины

сонов по роликам 4. Сила таблетирования через систему рычагов воспринимается компенсирующей пружиной 12. Силу прессования можно регулировать винтовым механизмом 13. Подъем верхних пуансонов и выталкивание таблеток нижними пуансонами осуществляются при скольжении их головок по копирам 14. Готовые таблетки выталкиваются по лотку в тару. В каждой секции трехпозиционной машины происходит полный цикл таблетирования.

Машины второго типа в основном изготовляют для многопозиционного таблетирования. Они отличаются компактностью и высокой производительностью.

§ 3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТАБЛЕТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Гидравлические горизонтальные машины просты по конструкции и компактны, применяют их для производства таблеток диаметром 20—230 мм из высокодисперсных материалов и материалов с волокнистыми наполнителями.

На рис. 24 показана схема работы гидравлической горизонтальной машины. На первой позиции (рис. 24, а) таблетлируемый

материал из бункера-питателя 1 попадает между торцами подвижного 2 и неподвижного 3 пуансонов. Масса таблеток регулируется с помощью маховичка 4 винтового механизма 5. Положение винта фиксируется стопором 6. На второй позиции (рис. 24, б) бункер вместе с матрицей 7 переместились влево. Материал при этом остался в матрице 7 между торцами пуансонов. Матрица с бункером перемещаются штоком 8 гидроцилиндра 9. На третьей позиции (рис. 24, в) происходит прессование таблетки вследствие перемещения влево пуансона 2 при помощи плунжера 10 гидроцилиндра 11. На четвертой позиции (рис. 24, г) матрица с бункером перемещаются в крайнее левое положение, а пуансон 2 — в крайнее

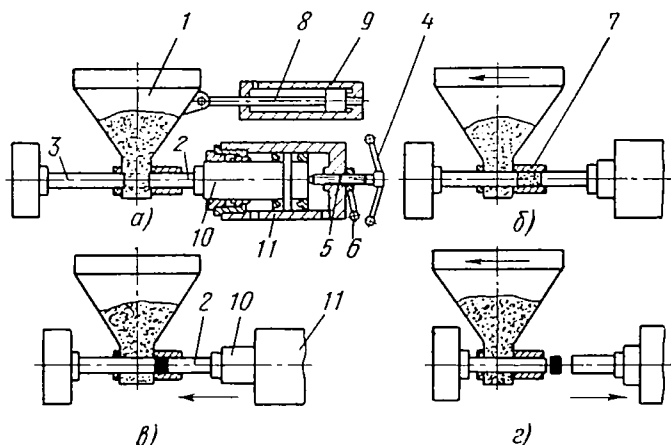


Рис. 24. Схема работы горизонтальной гидравлической таблеточной машины

правое, вследствие чего таблетка освобождается и падает в приемный лоток. Затем матрица с бункером возвращаются в исходное положение, и цикл таблетирования повторяется.

На рис. 25 показана гидравлическая машина для формирования из бакелита, меламин и других материалов таблеток диаметром 38—90 мм. На сварной станине смонтированы узел прессования, бункер с питателем и гидропривод. Материал таблетировается в матрице 1 пуансонами 2 и 3. Пуансоны перемещаются при помощи поршней 4 гидроцилиндров 5. Для увеличения давления масла, поступающего в цилиндры, служит мультипликатор 6. Ход пуансонов ограничивается концевыми выключателями 7 и 8. С правой (по чертежу) стороны машины расположен гидроцилиндр 9, служащий для перемещения каретки 10 по направляющим 11.

Материал из бункера 12 поступает в загрузочную камеру 13, в стенках которой имеются отверстия 14 с направляющими и уплотнениями для пуансонов. Количество порошка, захватываемого пуансонами, определяется зазором между торцами пуансо-

нов. Этот зазор можно регулировать маховичком 15 винтового механизма 16. Порция захваченного пуансонами порошка переносится ими в матрицу 1, где прессуется в таблетку. Готовая таблетка выталкивается из матрицы пуансоном 3 и сбрасывается рычагом 17 в разгрузочный лоток 18. Для предотвращения застревания порошка в бункере при подаче в питатель на задней стороне

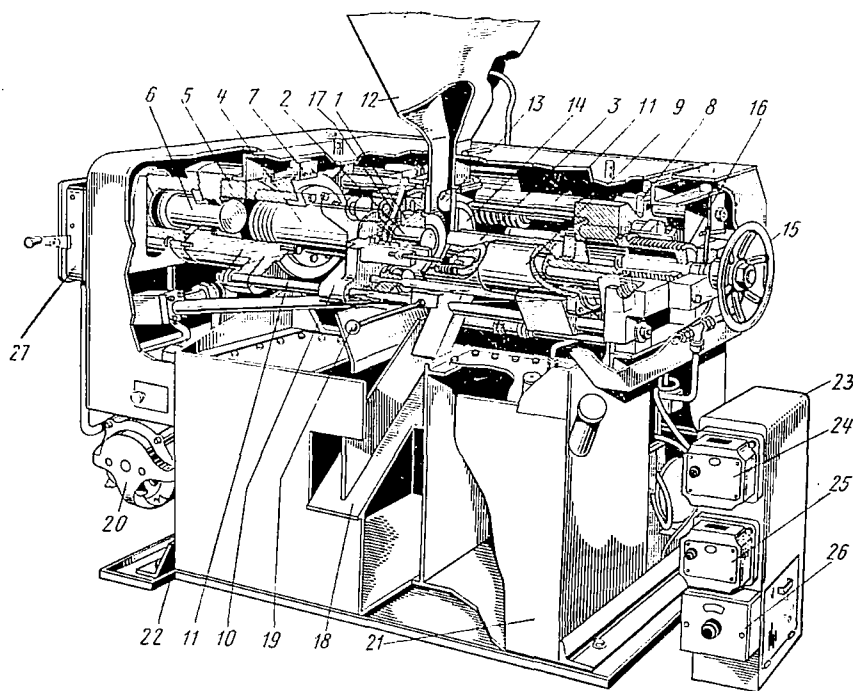


Рис. 25. Гидравлическая таблеточная машина

бункера установлен вибратор. Для выгрузки порошка из бункера при чистке машины служит вспомогательный желоб, который отделен от бункера заслонкой, управляемой рычагом 19.

Гидропривод машины состоит из электродвигателя 20 с лопастным насосом, масляного резервуара 21, расположенного в станине 22, и гидрокommunikаций. На пульте управления 23 установлено реле времени 24 продолжительности прессования, реле времени 25 продолжительности нахождения пуансонов в загрузочной камере и аппаратура управления вибратором 26. С левой (по чертежу) стороны машины находится пускатель 27, рычаг которого имеет три положения: среднее — машина не работает, крайнее нижнее — полуавтоматический цикл и крайнее верхнее — автоматический цикл.

На рис. 26 показан гидравлический пресс-автомат для таблетирования волокнистых материалов типа АГ-4С. Перед таблетиро-

ваннем пресс-материал предварительно измельчается на куски размером 5—10 мм. Точность дозирования достигается прессованием таблетки большей массы, чем необходимо, с последующим удалением избытка. Схема работы пресса-автомата аналогична схеме кривошипно-шатунного автомата (см. рис. 20) за исключением направления движения подвижной матрицы, которая после таблетирования перемещается вниз и отрезает от прессованного

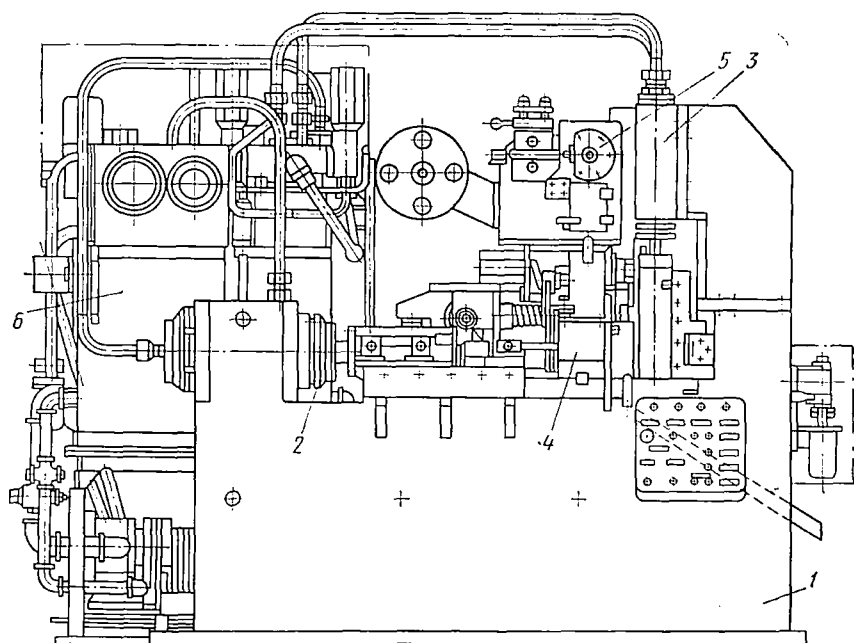


Рис. 26. Общий вид гидравлического пресса-автомата для формирования таблеток из волокнистого материала

цилиндрика таблетку заданного размера. При этом таблетка удаляется выталкивателем, а матрица возвращается в исходное положение.

На станине 1 пресса-автомата смонтированы гидроцилиндр 2 прессования, гидроцилиндр 3 отрезки, блок матриц 4 и механизм измельчения 5. Автомат имеет индивидуальный гидропривод 6 с электрогидравлической системой управления, схема которой показана на рис. 27.

Волокнистый материал рубится на куски механизмом измельчения 1, имеющим индивидуальный привод от электродвигателя 2, через ременную передачу 3, червячный редуктор 4 и зубчатую передачу 5. Измельченный пресс-материал из бункера 6 подается в матрицу ворошителем 7, который приводится во вращение цилиндром 8 прессования; при обратном ходе поршня переме-

щается ползун 9 с рейкой. Рейка 10 через шестерню 11, храповой механизм 12 и коническую передачу 13 вращает вал ворошителя. При перемещении поршня цилиндра 8 влево кулачок на ползуне через рычажный механизм 14 перемещает выталкиватель 15 в левое положение и таблетка 16 удаляется из подвижной матрицы 17. При срабатывании конечного выключателя 1KB при

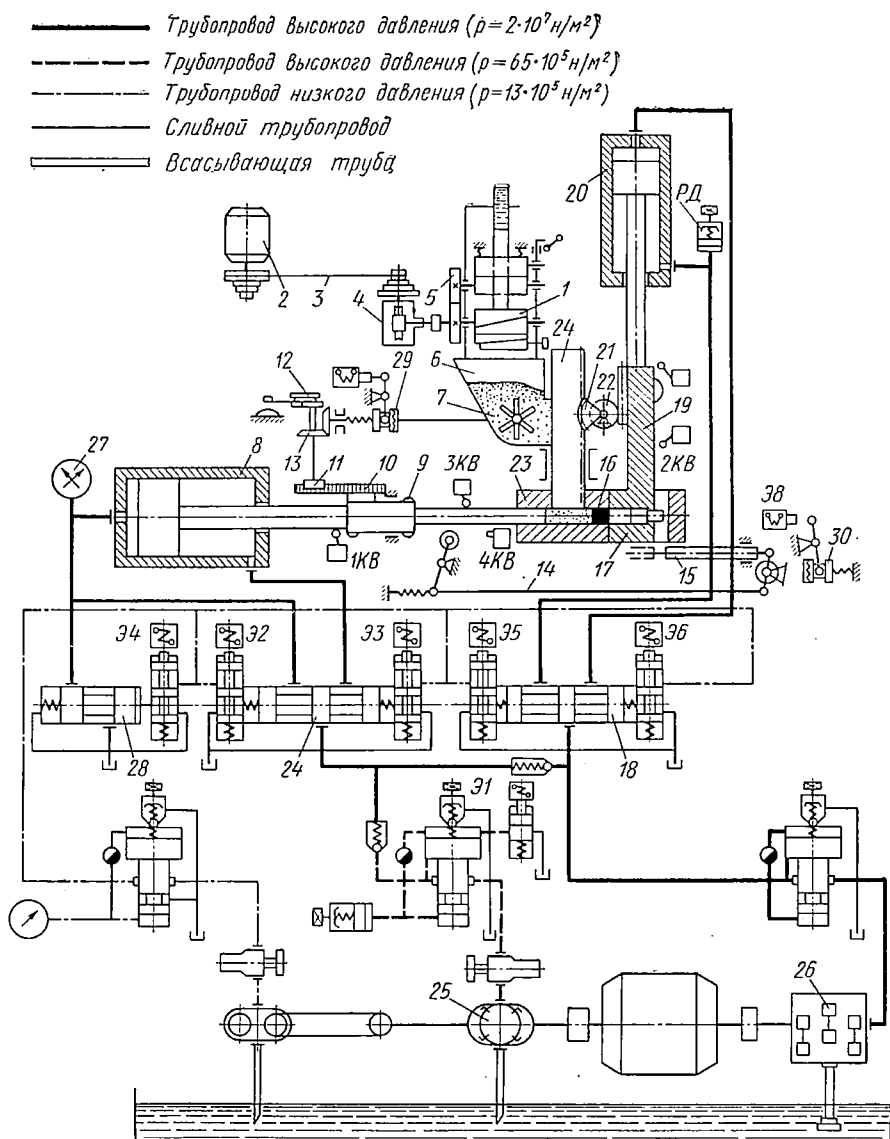


Рис. 27. Гидрокинематическая схема пресса-автомата

Техническая характеристика отечественных таблеточных машин

Показатели	Тип машины							
	Эксцентрикковые			Ротационные	Гидравлические			
	ТМ-1	12-тонная	АТВ-1	МТЗА	2705	2703	2706	АТВ-2
Наибольшая сила прессования в Н	$9 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^3$	$32 \cdot 10^3$	$63 \cdot 10^3$	$160 \cdot 10^3$	$16 \cdot 10^3$
Наибольшее число циклов в час	—	—	4500 и 2250	—	1200	700	500	800
Наибольший диаметр таблетки в мм	45	60	20 и 30	30	75, 50, 40	110	40	20 и 30
Наибольшая высота таблетки в мм	65	—	9—24	—	—	—	—	9 и 24
Наибольшая глубина заполнения матрицы порошком в мм	—	66	—	50	—	—	—	0,005—0,03
Масса таблетки в кг	—	—	0,005—0,030	0,009—0,016	—	0,5	0,05	—
Диаметр рабочего цилиндра в мм	—	—	—	—	150	210	260	—
Диаметр штока рабочего цилиндра в мм	—	—	—	—	130	200	240	175
Ход поршня или ползуна наибольший в мм	—	—	160	—	30	50	50	—
Диаметр цилиндра привода бункерного питателя в мм	—	—	—	—	100	100	150	—
Диаметр штока цилиндра привода бункерного питателя в мм	—	—	—	—	65	65	100	—
Ход бункерного питателя наибольший в мм	—	—	—	—	130	200	160	—

помощи электромагнита переключается золотник 18, вследствие чего ползун 19 цилиндра 20 механизма отрезки поднимается вверх. Шибер подачи 21, имеющий реечный механизм 22, при этом опускается, подает и уплотняет материал в неподвижной матрице 23. В крайнем верхнем положении поршня цилиндра отрезки срабатывает реле давления РД, происходит переключение золотников 18 и 24, и начинается движение поршня цилиндра 8 прессования; при этом вначале работают два насоса: низкого давления 25 и высокого давления 26, а затем только насос 26. Максимальное значение давления в цилиндре 8 задается настройкой электроконтактного манометра 27, который при достижении этого давления включает сливной золотник 28, что приводит к загрузке левой полости цилиндра 8. Одновременно переключаются золотники, управляющие подачей масла в цилиндр отрезки, таблетка отрезается и перемещается на позицию выталкивания. В конце хода поршня цилиндра 20 срабатывает конечный выключатель 2KB, который подает команду на отключение муфты 29, в результате чего ворошитель 7 останавливается. При незаполнении матрицы пресс-материалом конечный выключатель 4KB отключает муфту 30, в результате чего выталкиватель 15 не срабатывает и материал, находящийся в матрице, возвращается на позицию прессования.

Техническая характеристика отечественных таблеточных машин приведена в табл. 8.

§ 4. РАСЧЕТ ТАБЛЕТОЧНЫХ МАШИН

Определение производительности таблеточных машин. Производительность эксцентриковой машины определяется по формуле

$$m_t = Gn_1\omega c, \quad (59)$$

где G — масса одной таблетки в кг; n_1 — количество гнезд в матрице; ω — угловая скорость главного вала в рад/с; c — эксплуатационный коэффициент использования машины, учитывающий время на наладку и подналадку машины, регулировку массы таблеток и т. д.

Производительность ротационной машины

$$m_t = Fhn_1n_2n_3\omega c, \quad (60)$$

где F — площадь матрицы в м²; n_2 — количество матриц в каждой секции ротора; n_3 — количество секций в машине; h — глубина загрузки матрицы в м.

Производительность гидравлических машин

$$m_t = Gn_1n_2c, \quad (61)$$

где n_2 — число двойных ходов прессующего пуансона в секунду.

Определение размеров таблеток и сил, действующих на рабочие органы. Соотношение размеров таблетки должно находиться

в пределах $\frac{h}{d} = 0,5 \div 1$, где h и d — высота и диаметр таблетки в м.

С учетом оптимального использования таблеточной машины размеры таблетки можно найти из следующих зависимостей.

Давление на прессующем пуансоне

$$p_1 = \frac{4P}{\pi d^2}, \quad (62)$$

где P — сила прессования.

С другой стороны,

$$p_1 = p_2 + 4 \frac{h}{d} f q. \quad (63)$$

Тогда

$$\pi d h f q = P - \frac{\pi d^2}{4} p_2, \quad (64)$$

где p_2 — давление на нижнем пуансоне; f — коэффициент трения; q — боковое давление.

f и q — величины переменные, получены экспериментально и зависят от свойств материала, давления прессования и т. д.

Отсюда находим h и подставляем в формулу объема таблетки:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h. \quad (65)$$

Тогда

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{P}{\pi d} - \frac{d p_2}{4} \right) \frac{1}{f q}. \quad (66)$$

Для получения максимальных размеров таблетки найдем производную от V по d :

$$\frac{P}{4} - \frac{3\pi p_2 d^2}{16} = 0, \quad (67)$$

откуда при одностороннем прессовании

$$d_{\text{одн}} = 2 \sqrt{\frac{P}{3\pi p_2}}; \quad (68)$$

$$h_{\text{одн}} = \frac{p_2}{f q} \sqrt{\frac{P}{3\pi p_2}}. \quad (69)$$

При двустороннем прессовании $d_{\text{одн}} = d_{\text{двуст}}$, а $h_{\text{двуст}} = 2h_{\text{одн}}$.

Одностороннее сжатие материала в таблетку на эксцентриковых таблеточных машинах выполняется кривошипно-шатунным

механизмом. Момент, соответствующий заходу пуансона в матрицу в крайнем нижнем положении (рис. 28):

$$CC_0 = CB_0 + B_0A - CB \cos \gamma - BA \cos \alpha; \quad (70)$$

$$s = l(1 - \cos \gamma) + r(1 - \cos \alpha), \quad (71)$$

где s — величина хода пуансона в матрице; r — длина кривошипа; l — длина шатуна; γ и α — углы давления и поворота кривошипа.

Определяем длину кривошипа и шатуна при $r \sin \alpha = l \sin \gamma$ и $\lambda = \frac{r}{l}$:

$$r = \frac{s\lambda}{1 + \lambda - \cos \gamma - \sqrt{\lambda^2 - \sin^2 \gamma}}; \quad (72)$$

$$l = \frac{r}{\lambda}. \quad (73)$$

Выбор хода s пуансона зависит от размеров бункерного питателя, который в момент заполнения матрицы материалом находится под верхним пуансоном.

После окончательного выбора размеров кривошипа и ползуна находим угол поворота кривошипа, соответствующий моменту начала сжатия:

$$\alpha = \arccos \frac{(l + r - s)^2 - l^2 + r^2}{2r(l + r - s)}. \quad (74)$$

Скорость ползуна в момент сжатия

$$v = \omega r \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right), \quad (75)$$

откуда угловая скорость вращения кривошипа

$$\omega = \frac{v}{r \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right)}. \quad (76)$$

Определение мощности электродвигателя. Мощность электродвигателя эксцентриковых машин рассчитывается в зависимости от приведенных моментов сил сопротивления на главном валу машины.

Номинальный момент M_n электродвигателя рассчитывается в зависимости от соотношения приведенных моментов сил сопротивления с учетом к. п. д. привода от вала электродвигателя к главному валу $\eta = 0,6$ и соответствующего передаточного отношения i с запасом 20%:

$$M_n = 1,2 \frac{\int_0^{2\pi} M_n d\varphi}{2\pi\eta i}. \quad (77)$$

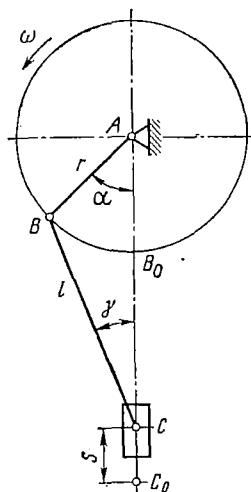


Рис. 28. Схема кривошипно-шатунного механизма эксцентриковой таблеточной машины

Приближенно требуемая номинальная мощность

$$N_n = M_n n_c, \quad (78)$$

где n_c — синхронная частота вращения вала электродвигателя в секунду; φ — угол трения; M_n — суммарный приведенный момент;

$$M_n = M_1 + M_2 + M_3; \quad (79)$$

M_1 , M_2 и M_3 — приведенный момент механизма прессования, механизма выталкивания и механизма дозирования.

Но так как мощность машины определяется в основном нагрузкой операции прессования, то силы от двух других механизмов не учитываются при рассмотрении работы машины в целом:

$$M_n = P \left\{ r \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) + \frac{f}{1 - f \frac{r_0}{r_k} \cdot \frac{\sin \beta + \alpha_0}{\cos \alpha_0}} [(\lambda + 1) r_b + \lambda r_c + r_0] \right\}, \quad (80)$$

где P — сила прессования; r_b и r_c — радиусы подшипников шатуна; r_k и r_0 — радиус начальной окружности зубчатого колеса и вала в опорах; α_0 — угол зацепления шестерни и зубчатого колеса; β — угол, определяющий установку шестерни.

Расчет ротационных таблеточных машин. В ротационных машинах операции таблетирования выполняются одновременно в нескольких комплектах пресс-инструмента, но на различных фазах. В связи с этим силы сопротивления, действующие на рабочие органы, и соответствующие им составляющие момента сил сопротивления на валу ротора не равны между собой и, кроме того, изменяются в зависимости от положения ротора.

При помощи силового расчета, предложенного Э. Э. Кольман-Ивановым, определяем силы, действующие на звенья машины и находим закон изменения момента сил сопротивления на валу ротора.

Величина момента сил сопротивления, приведенного к валу ротора, для машин однопозиционного действия циклически повторяется при повороте ротора на угол

$$\alpha = \frac{360^\circ}{m}, \quad (81)$$

где m — число комплектов пресс-инструмента.

Для машин многопозиционного действия угол поворота ротора, соответствующий циклу изменения момента на валу, будет

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ}{km}; \quad (82)$$

здесь k — кратность использования каждого комплекта пресс-инструмента за один оборот ротора.

Переносная скорость пуансона равна линейной скорости ротора по окружности матриц:

$$v = \omega R, \quad (83)$$

где ω — угловая скорость ротора в рад/с; R — радиус окружности матриц в м.

При силовом расчете машины следует рассмотреть условия равновесия верхних и нижних ползунов на всех участках движения.

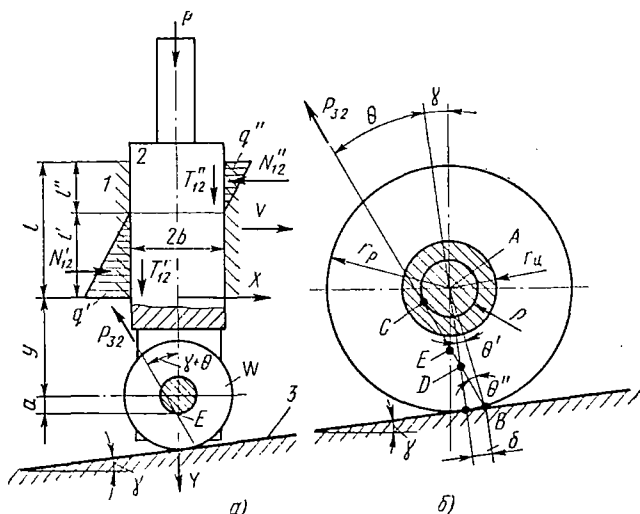


Рис. 29. Схема к расчету нижнего пуансона ротационной таблеточной машины:

a — схема действующих сил, приложенных к нижнему пуансону; b — схема действия реакции кулачка на ролик пуансона

На звенья ротационной машины действуют силы полезного сопротивления, силы тяжести, силы инерции, силы трения в кинематических парах. В связи с тем, что ускорения незначительны, силами инерции движения пуансонов можно пренебречь.

Определим реакции в кинематических парах и уравновешивающий момент на валу ротора для машины с копирами, в которых ползуны имеют прессующие и боковые ролики. На участке прессования нижний и верхний ползуны набегают прессующими торцовыми роликами на копир. При этом боковой ролик не нагружен, а направляющий ролик, перемещающийся в направляющих ротора 1 (рис. 29, a), предотвращает проворачивание пуансона 2. К пуансону приложены реакция кулачка P_{32} , нормальные реакции в направляющих N_{12}'' и N_{12}' и силы трения в направляющих T_{12}'' и T_{12}' .

Соппротивление при качении ролика по кулачку 3 и трение в подшипнике ролика учитываются углом θ , на который отклоняется реакция P_{32} от нормали к профилю кулачка в обратную движению пуансона сторону. Так как линия действия реакции P_{32} должна быть касательной к кругу трения, проведенному в подшипнике ролика (рис. 29, б), а точка контакта ролика и кулачка смещена от нормали на величину, численно равную коэффициенту δ сопротивления качения, из рассмотрения треугольника ABD следует

$$\theta = \theta' + \theta'', \quad (84)$$

где угол $\theta' = \text{arctg} \frac{\delta}{r_p}$; r_p — радиус ролика;

$$\theta'' = \text{arctg} \frac{\rho}{\sqrt{r_p^2 + \delta^2 - \rho^2}}; \quad \rho = f r_{ц};$$

f — приведенный коэффициент трения в подшипнике ролика; $r_{ц}$ — радиус цапфы ролика.

Следовательно,

$$\theta = \text{arctg} \frac{\delta}{r_p} + \text{arctg} \frac{\rho}{\sqrt{r_p^2 + \delta^2 - \rho^2}}. \quad (85)$$

Величины δ и ρ меньше радиуса ролика; заменяем значения тангенсов углов самими углами при их малых величинах; получаем

$$\theta \approx \frac{\delta + \rho}{r_p}. \quad (86)$$

При составлении уравнений равновесия пуансона В. К. Загородний принимает, что давление в направляющих при перекосе пуансона распределяется по закону треугольников. Силы трения T'_{12} и T''_{12} выразим через равнодействующие распределенных нагрузок:

$$T'_{12} = f' N'_{12}; \quad T''_{12} = f'' N''_{12} \quad (87)$$

(где f' — приведенный коэффициент трения, учитывающий геометрическую форму направляющей).

Обозначая наибольшие значения давлений на пуансон q' и q'' , найдем

$$N'_{12} = \frac{1}{2} q' l'; \quad N''_{12} = \frac{1}{2} q'' l''.$$

(где $l' + l'' = l$ — длина направляющей)

Из подобия треугольников давлений следует

$$\frac{q'}{q''} = \frac{l'}{l''}.$$

откуда

$$\frac{N'_{12}}{N''_{12}} = \frac{q' l'}{q'' l''} = \left(\frac{l'}{l''} \right)^2. \quad (88)$$

Уравнения равновесия пуансона имеют следующий вид:

$$\sum X = 0; \quad -P_{32} \sin(\gamma + \theta) - N'_{12} + N''_{12} = 0; \quad (89)$$

$$\sum Y = 0; \quad -P_{32} \cos(\gamma + \theta) + P + N'_{12}f' + N''_{12}f'' = 0; \quad (90)$$

$$\begin{aligned} \sum M_E = 0; \quad & -N'_{12}f'b + N''_{12}f''b + \\ & + N'_{12}\left(a + y + \frac{l'}{3}\right) - N''_{12}\left(a + y + l - \frac{l''}{3}\right) = 0, \end{aligned} \quad (91)$$

где P — сумма сил полезного сопротивления и силы тяжести ползуна; γ — угол давления; b — половина ширины направляющей пуансона

$$a = (EA) = \frac{\rho}{\sin(\gamma + \theta)}.$$

Следовательно,

$$\frac{N'_{12}}{N''_{12}} = \frac{a + y + l - \frac{l''}{3} - f'b}{a + y + \frac{l'}{3} - f'b}. \quad (92)$$

Решая совместно уравнения (88) и (92), находим

$$\left(\frac{l'}{l''}\right)^2 = \frac{a + y + l - \frac{l''}{3} - f'b}{a + y + \frac{l'}{3} - f'b}. \quad (93)$$

Принимая $c = \frac{3}{l}(a + y - f'b)$, получим

$$\left(\frac{l'}{l''}\right)^2 = \frac{cl + 3l - l''}{cl + l''}; \quad (94)$$

$$l' = \frac{(2+c)l}{3+2c};$$

$$l'' = \frac{(1+c)l}{3+2c};$$

$$\frac{N'_{12}}{N''_{12}} = \left(\frac{2+c}{1+c}\right)^2 = n. \quad (95)$$

В результате совместного решения уравнений (89)—(91) получим

$$P_{32} = \frac{P}{\cos(\gamma + \theta) [1 - \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg}(\gamma + \theta)]}; \quad (96)$$

$$N'_{12} = \frac{n \operatorname{tg}(\gamma + \theta) P}{(n-1) [1 - \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg}(\gamma + \theta)]}; \quad (97)$$

$$N''_{12} = \frac{\operatorname{tg}(\gamma + \theta) P}{(n-1) [1 - \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg}(\gamma + \theta)]}, \quad (98)$$

где

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{n+1}{n-1} f'.$$

Приведенный к ротору момент от сил сопротивления на нижнем пуансоне

$$M_1 = (N'_{12} - N''_{12})R = \frac{PR \operatorname{tg}(\gamma + \theta)}{1 - \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg}(\gamma + \theta)}. \quad (99)$$

Все полученные зависимости справедливы при движении пуансона в направляющей с перекосом. Односторонний прижим имеет место при соблюдении условия

$$\begin{aligned} 90^\circ - \operatorname{arc} \frac{y+l}{b} - \operatorname{arctg} \frac{\rho}{\sqrt{(y+l)^2 + b^2 - \rho^2}} &\leq \\ &\leq \gamma + \theta \leq 90^\circ - \operatorname{arctg} \frac{y}{b} - \operatorname{arctg} \frac{\rho}{\sqrt{y^2 + b^2 - \rho^2}}, \end{aligned} \quad (100)$$

или

$$\begin{aligned} \frac{b\sqrt{y^2 + b^2 - \rho^2} - y\rho}{y\sqrt{y^2 + b^2 - \rho^2} + b\rho} &\geq \operatorname{tg}(\gamma + \theta) \geq \\ &\geq \frac{b\sqrt{(y+l)^2 + b^2 - \rho^2} - (y+l)\rho}{\sqrt{(y+l)^2 + b^2 - \rho^2}(y+l)}. \end{aligned} \quad (101)$$

В этом случае реакции и приведенный момент рассчитывают по формулам

$$P_{32} = \frac{P \cos \varphi}{\cos(\gamma + \theta + \varphi)}; \quad (102)$$

$$N_{12} = \frac{P \sin(\gamma + \theta) \cos \varphi}{\cos(\gamma + \theta + \varphi)}; \quad (103)$$

$$M_1 = N_{12}R = \frac{PR \sin(\gamma + \theta) \cos \varphi}{\cos(\gamma + \theta + \varphi)}, \quad (104)$$

где $\varphi = \operatorname{arctg} f'$ — угол трения.

Аналогичный вид имеют формулы и для расчета сил и момента, приложенного к валу ротора для верхнего пуансона.

Перемещения ползунов под действием боковых роликов являются вспомогательными, и технологические сопротивления — силы прессования или выталкивания при этом не преодолеваются.

Формулы для определения реакций и приведенных моментов сил сопротивлений в ротационных машинах, у которых перемещение пуансонов сопровождается трением скольжения, имеют сходный характер. На участке прессования, когда головки ползунов перекачиваются по цилиндрической поверхности прессующего ролика, после приведения пространственной кинематической схемы к плоской, схема нагружения ползунов силами аналогична рассмотренной выше.

Для тех участков движения верхних и нижних пуансонов, на которых головки скользят по направляющим, можно использовать приведенные выше расчетные формулы; однако, принимая во внимание отсутствие роликов, вместо угла θ следует брать угол трения φ :

$$\theta = \varphi = \operatorname{arctg} f,$$

где f — коэффициент трения головки ползуна по направляющей.

Для обеспечения принудительного движения вверх верхних ползунов и вниз нижних ползунов применяются направляющие, захватывающие головки ползунов и обеспечивающие таким образом геометрическое замыкание пары ползун—копир. В этом случае при расчете реакций и моментов необходимо вместо угла θ вводить в расчетные формулы приведенный угол трения $\varphi_{\text{пр}}$:

$$\theta = \varphi_{\text{пр}} = \operatorname{arctg} \frac{f}{\sin \beta}, \quad (105)$$

где β — половина угла при вершине конусной части головки ползуна.

Приведенный момент сил сопротивления для комплекта пресс-инструмента рассчитывается по формуле

$$M_{\text{п}} = M_1 + M_2, \quad (106)$$

где M_2 — приведенный момент от оси сопротивления на верхнем ползуне.

Если ротационная машина имеет n_1 комплектов пресс-инструмента, работу приведенного момента от всех пуансонов за один оборот ротора можно рассчитать по формуле

$$A = n_1 \int_0^{2\pi} M_{\text{п}}(\alpha) d\alpha. \quad (107)$$

При наличии машины многопозиционного таблетирования, когда за один оборот ротора каждый комплект инструмента используется n_2 раз (обычно $n_2 = 1 \div 4$), получим

$$A = n_1 n_2 \int_0^{2\pi} M_{\text{п}}(\alpha) d\alpha. \quad (108)$$

Мощность определяется из зависимости

$$N = \frac{A\omega}{2\pi\eta}, \quad (109)$$

где ω — угловая скорость вращения ротора; η — к. п. д., учитывающий расход энергии на привод ворошителя и на трение в кинематических парах механизмов передач.

В машине однопозиционного действия коэффициент неравномерности движения машины не превышает 0,03, что дает достаточ-

ный запас кинетической энергии для обеспечения нормальных условий работы электродвигателя и без применения маховика.

Определение основных параметров гидравлических таблеточных машин.

Ход матрицы с бункером

$$S_{\text{матр}} = 2L = 2(H + e_1 + e_2). \quad (110)$$

Расстояние между траверсами машины

$$l \geq 4L,$$

где H — высота заполнения матрицы пресс-порошком; L — длина матрицы; $e_1 = 5 \div 10$ мм; e_2 — глубина захода нижнего пуансона в матрицу при дозировании.

Величина минимального хода прессующего пуансона

$$S_{\text{пр}} = H - h,$$

где h — расчетная высота таблетки.

Число колонн определяется конструктивно при проведении прочностных расчетов.

Диаметр цилиндра прессования определяется по заданному давлению p в магистрали, создаваемому насосом высокого давления или мультипликатором (с учетом потерь в гидравлической сети), и известной максимальной силе P прессования (с учетом трения в уплотнениях и направляющих):

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi p}}. \quad (111)$$

Расход жидкости насосом высокого давления без учета утечек определяется по формуле

$$V_t = \frac{\pi D^3}{4} v_{\text{пр}}, \quad (112)$$

где $v_{\text{пр}}$ — скорость прессования под высоким давлением.

Если износ низкого давления создает в цилиндре давление p_1 , то максимальная сила, до которой может производиться прессование под низким давлением,

$$P_1 = p_1 \frac{\pi D^2}{4}.$$

Расход жидкости насосом низкого давления в этот период времени определяется из выражения

$$V_t^1 = \frac{\pi D^2}{4} v_{1\text{пр}},$$

где $v_{1\text{пр}} = (3 \div 8) v_{\text{пр}}$ — скорость прессования на начальном участке.

Полное время прессования рассчитывается при помощи уравнения

$$t = \frac{S_{1\text{пр}}}{v_{1\text{пр}}} + \frac{S_{\text{пр}} - S_{1\text{пр}}}{v_{\text{пр}}}. \quad (113)$$

где $S_{1\text{пр}}$ и $S_{\text{пр}}$ — путь прессования под низким давлением и полный путь прессования.

От насоса низкого давления приводится в движение также подвижная плита с закрепленными на ней бункером и матрицей. Диаметр соответствующего цилиндра рассчитывают по силе выталкивания $P_{\text{выт}}$ и давлению в цилиндре p_2 .

Время выталкивания таблетки

$$t_{\text{выт}} = \frac{S_{\text{выт}}}{v_{\text{выт}}} = \frac{\pi D_1^2 S_{\text{выт}}}{2V_t^1}. \quad (114)$$

Время обратного хода $t_{\text{обр. х}}$ бункера-матрицы рассчитывают по площади живого сечения штоковой полости соответствующих цилиндров. Если для перемещения бункера-матрицы используются два цилиндра, то

$$t_{\text{обр. х}} = \frac{S_{\text{матр}}}{v_{\text{обр. х}}} = \frac{\pi (D_1^2 - d_1^2) S_{\text{матр}}}{2V_t^1}. \quad (115)$$

Время перемещения матрицы при отсечке дозы порошка

$$t_{\text{отс}} = \frac{\pi D_1^2 (S_{\text{матр}} - S_{\text{выт}})}{2V_t^1}, \quad (116)$$

где D_1 и d_1 — диаметр поршня и диаметр штока цилиндра перемещения подвижной плиты;

$$S_{\text{выт}} = L.$$

Время кинематического цикла при предварительном расчете может быть определено по формуле

$$T = t_{\text{пр}} + t_{\text{выд}} + t_{\text{выт}} + t_{\text{обр. х}} + t_{\text{доз}} + t_{\text{отс}}, \quad (117)$$

где $t_{\text{пр}}$ — время прессования; $t_{\text{выд}}$ — время выдержки при прессовании; $t_{\text{выт}}$ и $t_{\text{доз}}$ — время выталкивания и время дозирования; $t_{\text{обр. х}}$ — время обратного хода бункера и матрицы; $t_{\text{отс}}$ — время перемещения матрицы при отсечке дозы порошка.

Глава III. АППАРАТЫ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА МАТЕРИАЛОВ

Термореактивные материалы перед изготовлением из них изделий методом прессования нагревают, что позволяет снизить давление прессования и время, необходимое для отверждения. При подогреве увеличивается текучесть загружаемого материала, поэтому можно прессовать изделия со сложной и точной арматурой. Кроме того, вследствие удаления влаги улучшаются диэлектрические свойства материала и понижается усадка.

Предварительный подогрев реактопластов может происходить в шкафах-термостатах, в генераторах ТВЧ и в контактных нагревателях.

§ 1. ТЕРМОСТАТЫ

Термостаты применяют главным образом для подогрева сырья в виде порошка или гранул при температуре 350—410° К в течение 5—20 мин.

Нагрев материала может быть электрический, паровой и воздушный. Предварительный подогрев паром или влажным воздухом применяют для регулирования содержания влаги в материале, что положительно влияет на усадку и устойчивость размеров прессованных изделий. Подогрев сухим воздухом при-

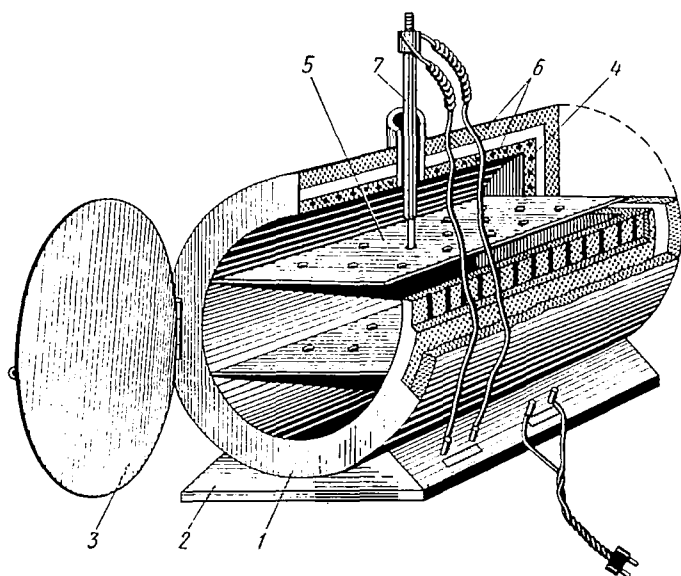


Рис. 30. Термостат

меняют, когда требуется получить изделия с хорошими диэлектрическими свойствами, так как при таком нагреве материал высушивается лучше, чем любым другим способом.

На рис. 30 показан термостат, состоящий из камеры 1 с основанием 2 и дверцей 3 для загрузки и выгрузки материала. Термостат обогревается электротенами 4. В камере имеются полки 5 для установки противней с материалом. Для уменьшения потерь тепла в камере предусмотрена теплоизоляция 6. Температура воздуха в термостате контролируется и регулируется контактным термометром 7.

Термометр имеет измерительную и настроечную шкалы. В нижней части измерительной шкалы находится неподвижный контакт, а в конце настроечной шкалы — проволочный подвижный контакт, с помощью которого термометр настраивают на заданную температуру по настроечной шкале.

Когда температура в камере термостата достигнет заданной, ртутный столбик замыкает подвижный и неподвижный контакты, вследствие чего срабатывает первичное реле на выключение электротенов 4. При охлаждении ртутный столбик опускается, контакты размыкаются и реле включает электротены. Для непрерывной работы термостаты оборудуют ленточными транспортерами.

Предварительный подогрев материала в термостатах в настоящее время используют редко, так как он самый продолжительный; кроме того, он может вызвать частичное преждевременное отверждение реактопласта из-за неравномерности нагрева, связанной с отводом тепла от его поверхности. Однако на предприятиях и цехах небольшой производительности, а также в лабораториях термостаты экономически выгоднее дорогих генераторов ТВЧ.

§ 2. УСТАНОВКИ ТОКОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Предварительный нагрев материала т. в. ч. повышает качество изделий, при этом снижается удельное давление прессования приблизительно на 50%, уменьшается время выдержки под давлением в 2—3 раза и увеличивается срок службы пресс-формы.

Принцип нагрева реактопластов-диэлектриков т. в. ч. заключается в следующем. В диэлектрике каждая молекула имеет равное количество положительных и отрицательных зарядов, вследствие чего электрические заряды в молекуле обычно находятся в устойчивом равновесии. Если диэлектрики поместить в электрическое поле, то положительные заряды смещаются по направлению к отрицательному электроду, а отрицательные заряды — к положительному электроду, т. е. происходит электрический сдвиг. При токах сдвига вследствие внутреннего молекулярного трения возникают диэлектрические потери, которые вызывают образование тепла. Количество выделенного тепла зависит от частоты электрического поля. При низких частотах поля в диэлектриках возникает небольшое количество тепла, а при высоких (15—80 МГц) выделяется такое количество тепла, которое можно использовать для промышленного нагрева реактопластов.

Поглощение потерь энергии в диэлектрике, проявляющееся в образовании тепла, определяется следующей формулой активной мощности:

$$N = 0,55fE^2\varepsilon \operatorname{tg} \delta, \quad (118)$$

где f — частота колебаний в Гц; E — напряженность электрического поля в В/м; ε — диэлектрическая проницаемость в Ф/м; $\operatorname{tg} \delta$ — тангенс угла диэлектрических потерь.

Обратная величина тангенса угла диэлектрических потерь называется добротностью материала:

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} = \frac{J_p}{J_a}, \quad (119)$$

где J_a — активная плотность тока, совпадающая по фазе с напряженностью E электрического поля; J_p — реактивная плотность тока, опережающая E на угол 90° .

Удельная мощность электрического поля, теоретически необходимая для нагрева материала,

$$N_{уд} = \frac{\rho c \Delta T}{\eta_T \Delta t}, \quad (120)$$

где ρ — плотность материала в $\text{кг}/\text{м}^3$; c — удельная теплоемкость материала в $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$; $\Delta T/\Delta t$ — приращение температуры за промежуток времени Δt в $\text{град}/\text{с}$; η_T — термический к. п. д. процесса нагрева, учитывающий потери тепла в окружающую среду.

Приведенные формулы показывают, что процесс теплообразования в электрическом поле высокой частоты определяется параметрами электрического поля и диэлектрическими свойствами полимера и не зависит от его объема и теплопроводности.

Минимальную частоту f_{\min} , при которой можно создать требуемую интенсивность нагрева, не превышая допустимой напряженности $E_{\text{доп}}$ электрического поля для данного материала, определяют:

$$f_{\min} = \frac{1}{0,55} \cdot \frac{\rho c \Delta T}{\eta_{TE} \text{tg } \delta \Delta t E_{\text{доп}}^2}. \quad (121)$$

Во избежание неравномерности нагрева материала линейные размеры рабочего конденсатора определяют из зависимости

$$f_{\max} = \frac{3 \cdot 10^7}{l \sqrt{\epsilon}},$$

где f_{\max} — максимальная частота в Гц; l — наибольший размер рабочего конденсатора в м.

Для нагрева единицы объема материала от температуры T_1 до T_2 за время t необходимо затратить мощность

$$N = c\rho \frac{T_2 T_1}{t \eta_T}, \quad (122)$$

где c — удельная теплоемкость материала в $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$; ρ — плотность материала в $\text{кг}/\text{м}^3$; η_T — термический к. п. д. процесса нагрева, учитывающий потери тепла в окружающую среду.

Время t нагрева материала от температуры T_1 до T_2 в поле т. в. ч.

$$t = \frac{c\rho (T_2 - T_1)}{0,55 \eta_{TE} \text{tg } \delta f E^2}. \quad (123)$$

Установка ТВЧ состоит из трансформатора, выпрямителя, генератора, колебательного и нагревательного контуров. Ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц из сети при замыкании па-

кетного выключателя B (рис. 31) поступает через фильтр Φ , контакты K блокировок, плавкие предохранители $ПР$ в трансформаторы накала $ТНГЛ$ генераторной лампы L и трансформатора накала $ТНГВЛ$ газотронных выпрямительных ламп $L2$. Загорающаяся при этом лампа $ЛЛС$ сигнализирует о подаче питания к генератору.

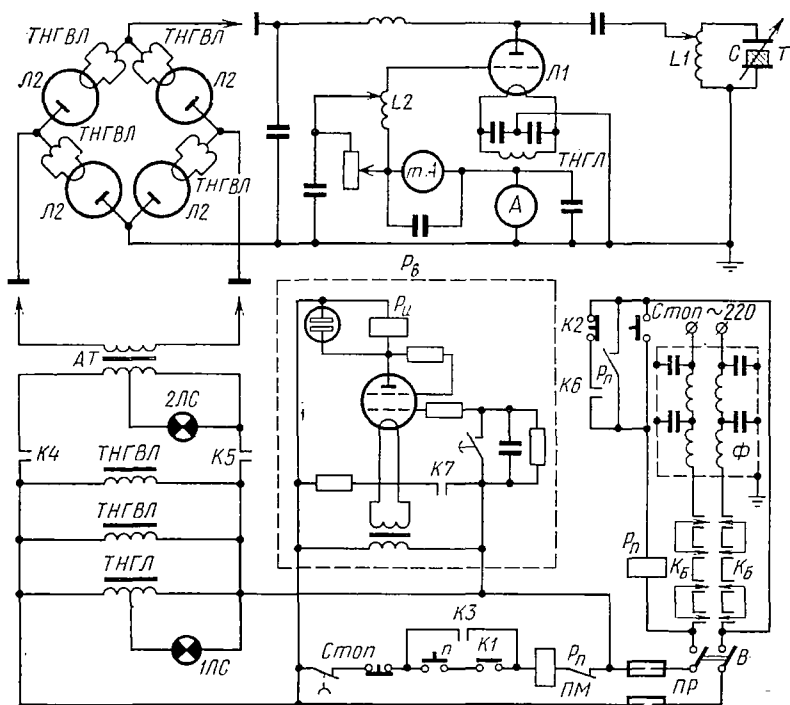


Рис. 31. Электрическая схема генератора ТВЧ

Поднос с нагреваемыми таблетками T устанавливается на нижний электрод конденсатора c ; при этом контакт $K1$ замыкается, а контакт $K2$ размыкается. Затем нажатием кнопки $П$ включают магнитный пускатель $ПМ$, вследствие чего замыкаются контакты $K3, K4, K5, K6, K7$ и загорается сигнальная лампа $2ЛС$, которая указывает на включение анодного трансформатора $АТ$ и поступление тока на выпрямительные лампы $L2$. Ток на лампы поступает напряжением 5200 В и частотой 50 Гц. С ламп выпрямленный ток напряжением 4600 В поступает на анод генераторной лампы $L1$. Генераторная лампа при помощи индукционных катушек $L1, L2$ и электродов, представляющих собой пластины конденсатора, преобразует т. в. ч. 50 Гц в т. в. ч. 20 МГц.

Генераторная лампа работает на принципе обратной связи, самовозбуждение которой прекращается только после создания

равновесия между энергией, поступающей в колебательный контур, и потерями в системе. Эти колебания вызывают нагрев материала. Далее при нагревании материала до определенной температуры срабатывают исполнительное реле P_{II} и электронное реле времени $P_{в}$, вследствие чего контакты $K3, K4, K5, K6, K7$ разомкнутся, анодный трансформатор AT выключится и нагрев таблеток прекратится, о чем будет сигнализировать погасшая лампа $2ЛС$. Для предотвращения нарушения технологического

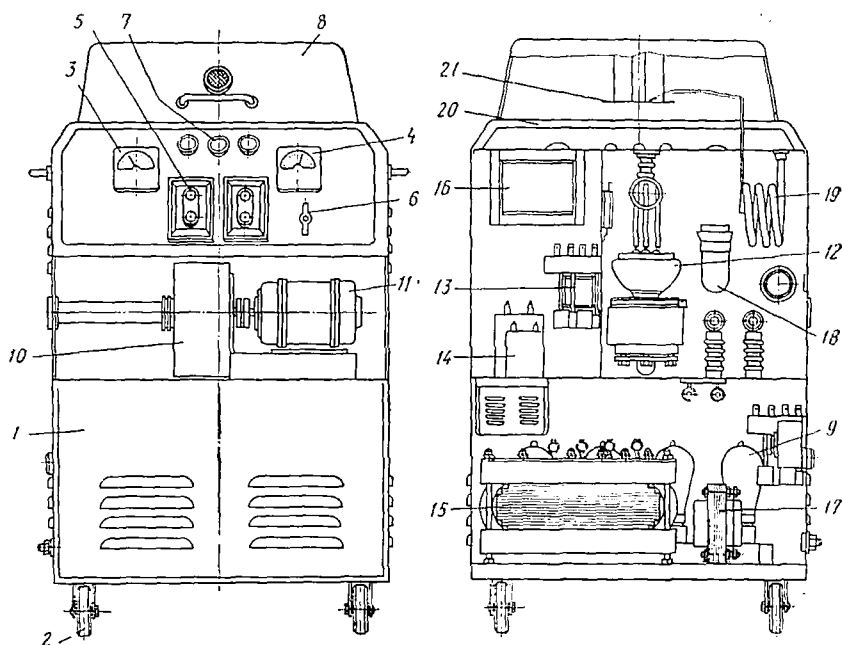


Рис. 32. Генератор ТВЧ

режима подогрева материала имеется промежуточное реле $P_{п}$. Режим нагрева материала контролируется по показаниям амперметра A и миллиамперметра mA .

На рис. 32 показан генератор ТВЧ, представляющий собой металлический шкаф 1 (рис. 32), установленный на роликах 2 для удобства перемещения. На панели управления смонтирован миллиамперметр 3 и амперметр 4 для измерения сеточного и анодного тока генераторной лампы, кнопочные станции 5, пакетный выключатель 6 и сигнальные лампы 7 для включения генератора в работу. Генератор оснащен автоматически открывающейся крышкой 8.

Внутри шкафа установлены газотронные лампы 9, вентилятор 10 с электродвигателем 11 для охлаждения генераторной лампы 12, магнитный пускатель 13, блокировочные конденсаторы 14, анодный трансформатор 15, трансформаторы накала

генераторной лампы и газотронов 16 и 17, конденсатор 18 и контурная индукционная катушка 19. Нижний электрод 20 расположен на уровне стола генератора, а верхний электрод 21 — в крышке 8.

В генераторах ТВЧ нагревают преимущественно таблетированный материал. Таблетки устанавливают на нижний электрод, который является заземленной пластиной конденсатора в колебательном контуре. Зазор между нижним и верхним электродами можно регулировать. Для пропускания выделяющихся из нагреваемых таблеток газов и паров воды верхний электрод делают сетчатым. Индуктивность катушки колебательного контура обычно изменяют с помощью передвижного зажима.

После нагрева таблеток до заданной температуры генератор автоматически выключается при помощи реле времени. Для защиты эфира от излучения электромагнитных волн генератор экранирован.

В табл. 9 приведена техническая характеристика некоторых генераторов ТВЧ, выпускаемых отечественной промышленностью.

В настоящее время начали выпускать автоматизированные генераторы ТВЧ, предназначенные для встройки непосредственно в прессы-автоматы и позволяющие синхронизировать работу генератора и автоматического гидравлического пресса. Такой генератор состоит из узлов дозирования, нагрева т. в. ч. и транспортирования таблетки в пресс-форму пресса.

Т а б л и ц а 9

Техническая характеристика отечественных генераторов ТВЧ

Технические данные	Тип генератора				
	ЛГД-1	ЛГЕ-3Б	ЛГД-10А	ЛД-1-2	ЛД-3-6
Максимальная мощность, потребляемая от сети, в кВт	2,4	5	17,5	3,6	15
Колебательная мощность в кВт	1	2	8	1,6	6,3
Частота колебания в МГц	25—30	25—30	20—25	40,68 (±1%)	40,68 (±1%)
Напряжение питающей сети в В	220	220/380	220/380	220/380	220/380
Размеры рабочего конденсатора в см	20×20	27,5×20	—	300 см ²	—
Тип генераторной лампы	ГУ-80	ГУ-5А	ГУ-89А	ГУ-56	ГУ-10А
Количество ламп	2	1	1	1	1
Тип выпрямительных ламп	—	ГТ-1-0,5/1,5	ТР1-6/15	ТР1-6/15	ТР1-6/15
Количество ламп	—	6	6	3	7
Габаритные размеры генератора в см	—	88×88×167	121×86× ×197	68×54× ×55	—

§ 3. ИНДУКЦИОННЫЕ КОНТАКТНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ

Высокочастотные установки имеют следующие недостатки: сравнительно низкий к. п. д. и большие габаритные размеры. Поэтому в промышленности применяют малогабаритные контактные нагреватели с индукционным обогревом для нагрева таблеток диаметром до 30 мм при небольшой партии, что дает экономию электроэнергии при удовлетворительном качестве нагрева.

Контактный нагреватель состоит из корпуса 1 (рис. 33) с аппаратурой, нагревательных плит 2 с цилиндрами, загрузочных 3 и разгрузочных 4 желобов.

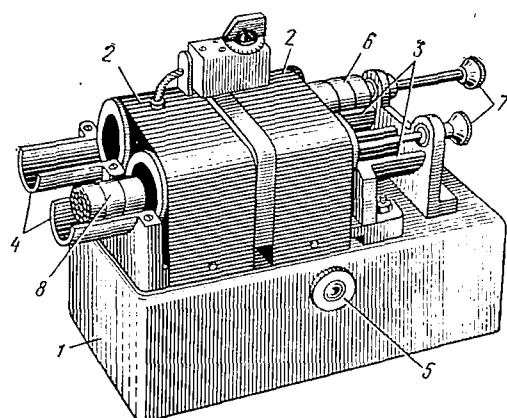


Рис. 33. Индукционный контактный нагреватель

На передней панели корпуса имеется сигнальная лампа 5, указывающая на включение индукционного нагрева. Таблетки 6 укладываются в желоба 3 и перемещаются штоками 7 в нагревательные цилиндры; при этом на желоба 4 поступают нагретые таблетки 8.

Индукционный контактный нагреватель мощностью 0,5 кВт имеет производительность 5 кг/ч при температуре нагрева до 393° К. Колебание

температуры $\pm 0,5^\circ \text{C}$ контролируется автотерморегулятором.

Контактные нагреватели рассчитывают по методу расчета пресс-форм.

Время t нагрева таблетки от T_1 до T при средней температуре $T_{\text{ср}}$ плит определяется на основании уравнения теплопроводности для нестационарного теплового потока по формуле

$$t = \frac{Fo d^2}{\beta}, \quad (124)$$

где $Fo = \frac{\alpha t}{d^2}$ — критерий Фурье, который находится в зависимости от отношения температурных разностей:

$$\frac{T_{\text{ср}} - T}{T_{\text{ср}} - T_1} \begin{matrix} 0,20 & 0,10 & 0,08 & 0,06 & 0,05 & 0,04 & 0,03 \\ Fo & 0,38 & 0,50 & 0,55 & 0,595 & 0,605 & 0,62 & 0,70 \end{matrix}$$

$\beta = \frac{\lambda}{c\rho}$ — коэффициент температуропроводности в $\text{м}^2/\text{с}$; λ — коэффициент теплопроводности таблетированного материала в $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$; c — теплоемкость материала в $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$; ρ — плотность материала в $\text{кг}/\text{м}^3$; d — диаметр или толщина таблетки в м ; α — коэффициент теплоотдачи от плиты к таблетке в $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$.

§ 4. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДСУШКИ И ПОДОГРЕВА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При переработке термопластов с повышенной влажностью снижается производительность оборудования и ухудшается качество формируемых изделий.

Для предварительной сушки и подогрева применяются термостаты, вакуумные сушилки и специальные бункера, устанавливаемые непосредственно на перерабатывающем оборудовании.

На рис. 34 показано специальное устройство для подсушки и подогрева гранулированных или порошкообразных термопластов, устанавливаемых в бункерах машины для литья под давлением и червячных прессах. Устройство имеет бункер 1, к крышке 2 которого крепится сетчатый цилиндр 3. Нагнетаемый вентилятором 4 воздух нагревается в сетчатом цилиндре электронагревателями 5 и проходит через массу материала, находящегося в бункере. При этом материал нагревается и подсушивается, а пары воды удаляются вместе с воздухом через загрузочное отверстие бункера. Температура воздушного потока контролируется контактным манометрическим термометром 6 и регулируется терморегулятором 7. Указанные устройства могут снижать влажность материала с 3,5 до 0,2%.

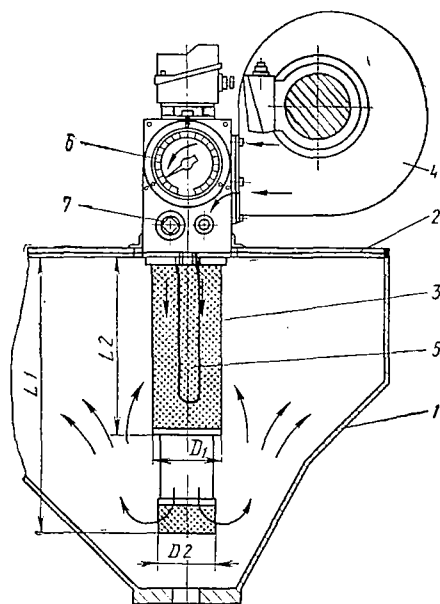


Рис. 34. Бункер с устройством для подогрева и подсушки термопластов

Температура воздушного потока контролируется контактным манометрическим термометром 6 и регулируется терморегулятором 7. Указанные устройства могут снижать влажность материала с 3,5 до 0,2%.

В табл. 10 приведена техническая характеристика некоторых нагревательных бункеров.

Таблица 10

Параметры	Мощность нагревателей в кВт		
	1,5	2	3
Производительность в кг/ч	10—15	20—25	30—35
Размеры сетчатого цилиндра в мм:			
D_1	102	102	102
D_2	82	82	82
L_1	400	400	540
L_2	260	260	400

Глава IV. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРЕССЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Прессование — процесс получения из пластических масс изделий заданных размеров и конфигурации в пресс-форме под давлением пуансона. Изделия на гидравлических прессах прессуются двумя методами: компрессионным (прямым) и трансферным (литьевым); компрессионное прессование может быть холодным и горячим.

Холодное компрессионное прессование — одно из самых старых методов формования пластмасс, имеет экономические преимущества перед другими методами в том, что прессование происходит очень быстро и не требует ни нагревания, ни охлаждения. Композиции, прессующиеся в холодном состоянии, отличаются тем, что они готовятся на месте, где производится прессование. При этом смесь затвердевает, если ее не прессуют вскоре после приготовления.

При холодном прессовании происходит простое сжатие прессовочной смеси, поэтому материал, помещенный в пресс-форму, должен быть точно дозирован, так как во время прессования он не выпрессовывается.

Прессование проводится при давлениях от 14 до 210 МН/м² в течение времени, потребного для придания изделию заданной формы. Затем изделие извлекается из пресс-формы и переносится в печь, где оно спекается при температуре от 350 до 530° К в зависимости от свойств связующего.

Изделия, полученные холодным прессованием, не имеют гладкой поверхности и блеска, которые присущи изделиям, прессованным в горячем состоянии. Даже применение высоких давлений, необходимых для компенсации отсутствия пластической деформации у этих материалов, не обеспечивает точного оформления сложных прессованных конструкций; поэтому методом холодного прессования изготавливают изделия, для которых внешний вид не имеет большого значения.

Горячее компрессионное прессование находит более широкое применение, так как оно не имеет указанных недостатков холодного прессования. Процесс горячего прессования происходит следующим образом. Материал в виде таблеток, гранул, шариков, обрезков ткани, пропитанных смолой, загружают в нагретую пресс-форму, которую закрывают при небольшом давлении. Материал в пресс-форме разогревается и становится пластичным, а по мере того как пресс-форма продолжает замыкаться, высокое давление дают как раз перед моментом окончательного ее замыкания, материал заполняет все углубления ее полости. Затем изделие выдерживают под давлением до завершения процесса отверждения; при этом прессование ведут с подпрессовкой, т. е. пресс-форму на мгновение открывают после первого смыкания для удаления содержащихся в пластмассе газов.

В зависимости от свойств материала прессование проводят при различных температурах, давлениях и времени выдержки. Температуру смеси можно менять от 290°K (без предварительного подогрева) до 420°K (с предварительным подогревом). При более высоких температурах скорость отверждения становится слишком большой и затрудняет загрузку. Температура пресс-формы может быть от 410 до 470°K , но обычно находится в пределах 430 — 460°K . Давление, поддерживаемое в процессе прессования, зависит от поперечного сечения прессуемой детали, а в пресс-формах с перетеканием — от общей площади материала, на которую действует давление. Время выдержки при прессовании зависит от конфигурации и толщины прессуемого изделия, свойств материала, технологии прессования и может продолжаться от нескольких секунд до нескольких минут.

Основной недостаток компрессионного прессования (холодного и горячего) заключается в том, что полное отверждение изделий большого сечения затруднено вследствие плохой теплопроводности пластических материалов. Этот недостаток устраняется при использовании метода трансферного (литьевого) прессования.

Литьевое прессование основано на применении загрузочной (передаточной) камеры, из которой подогретый материал после достижения нужной пластичности нагнетается в соответствующую форму.

Метод прессования получил широкое применение при производстве изделий из термореактивных материалов (фенопласты, аминопласты и др.), листовых слоистых пластиков (текстолит, стеклотекстолит, гетинакс и др.), древесностружечных и древесноволокнистых плит, стеклопластиков и других материалов.

Методом прессования можно перерабатывать и термопластичные материалы, но это не всегда целесообразно, так как перед загрузкой пресс-форму необходимо нагревать, а перед выталкиванием изделий охлаждать.

§ 2. КОНСТРУКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

На заводах промышленности строительных материалов применяются гидравлические прессы с размерами стола от 2×2 до $2,5 \times 5$ м, с ходом подвижной плиты от 20 мм до 4 м и производительностью от двух циклов в минуту до полного цикла за 12 ч.

Гидравлические прессы работают на эмульсии или масле и обычно имеют комбинированную систему низкого и высокого давления от 2 до 4 МН/м² во время запирания пресс-формы и от 10 до 55 МН/м² в процессе прессования, что позволяет увеличить производительность прессы.

Гидравлические прессы подразделяются в зависимости от силы прессования — на прессы низкого давления от 0,25 до 10 МН/м² и высокого давления от 10 до 50 МН/м²; от конструкции станины —

колонные и рамные; от типа привода — с индивидуальным и групповым приводом; от направления закрытия пресс-формы — вертикальные, горизонтальные и угловые; от направления рабочей силы — с верхним, нижним и комбинированным давлением; от количества главных рабочих гидроцилиндров — одноцилиндровые и многоцилиндровые; от конструкции главного гидравлического цилиндра — с цилиндром одностороннего действия и возвратными цилиндрами и двустороннего действия, снабженные дифференциальным плунжером; от количества прессующих плит — одно-, двух- и многоэтажные; от периодичности работы пресса — циклические и карусельные; от способа управления — с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением.

На рис. 35 показан четырехколонный пресс с верхним давлением, который имеет следующие преимущества: легкодоступность к пресс-форме и возможность регулирования просвета пресса удлинением колонн и возвратных плунжеров. Верхняя неподвижная плита 1 и нижняя неподвижная плита 2 соединены четырьмя колоннами 3, являющимися направляющими для подвижной плиты 4. На верхней плите монтируется главный цилиндр 5 одностороннего действия, плунжер 6 которого крепится к подвижной плите. В боковых приливах верхней плиты расположены по диагонали возвратные цилиндры 7, штоки 8 которых соединены с подвижной плитой. К станине крепится выталкивающий гидроцилиндр 9 с дифференциальным плунжером 10 и штоком-выталкивателем 11, который может совершать силовой рабочий и обратный холостой ходы в отличие от плунжера главного цилиндра 5.

В каждом цилиндре кроме плунжера имеются направляющая втулка 12 и уплотнения 13, зажимаемые фланцем 14. В гнездах подвижной плиты 4 установлены подшипники скольжения. Плиты крепятся на колоннах с помощью гаек 15. Ход подвижной плиты ограничивается упорами 16. Пресс опирается на станину 17, установленную на фундаменте.

Недостаток колонных прессов, выражающийся в значительных габаритных размерах и металлоемкости, а также относительно малой жесткости, устраняется в прессах рамной конструкции (рис. 36). Рама пресса сварная, стойки 1 связаны плитами 2 (две плиты сверху и две снизу). В верхней части рамы жестко закреплен главный цилиндр пресса, состоящий из корпуса 3 с крышкой 4. В цилиндре движется дифференциальный плунжер 5 с прикрепленным к нему штоком 6. Плунжер и шток уплотняются кольцами 7 с манжетами 8. Шток соединен с подвижной плитой 9, перемещающейся по направляющим 10. К подвижной плите и столу рамы прикреплены стальные рабочие плиты 11. В нижней части рамы пресса расположен выталкиватель, состоящий из цилиндра 12, поршня 13 с уплотняющими кольцами 14 и штока 15.

Для ограничения хода подвижной плиты предусмотрены конечные выключатели 16, а для штока-выталкивателя — конечные выталкиватели 17. Пресс выполнен с индивидуальным гидро-

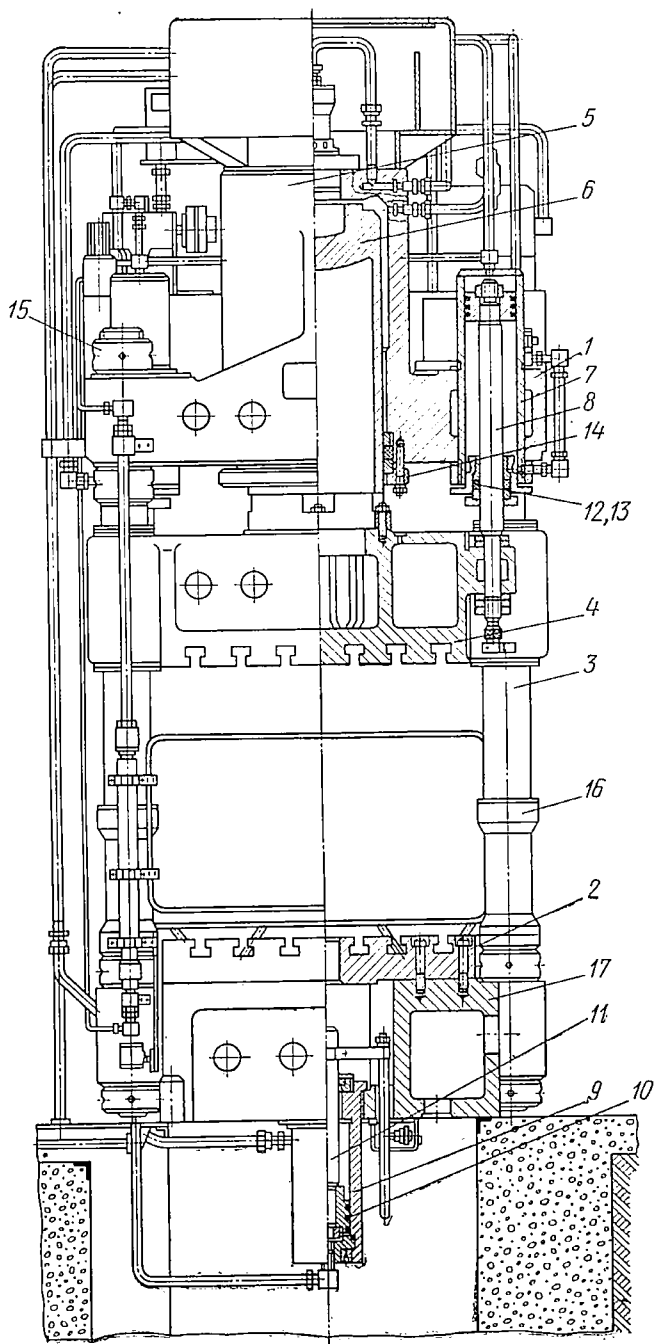


Рис. 35. Четырехколонный пресс с верхним давлением

приводом, состоящим из масляного бака, двух насосов (поршневого высокого давления и шестеренного низкого давления), электродвигателей и аппаратуры управления. Давление в главном цилиндре измеряется электроконтактным манометром, а температура пресс-формы — терморегуляторами 18 и 19. Пресс управляется кнопками, расположенными на пульте 20.

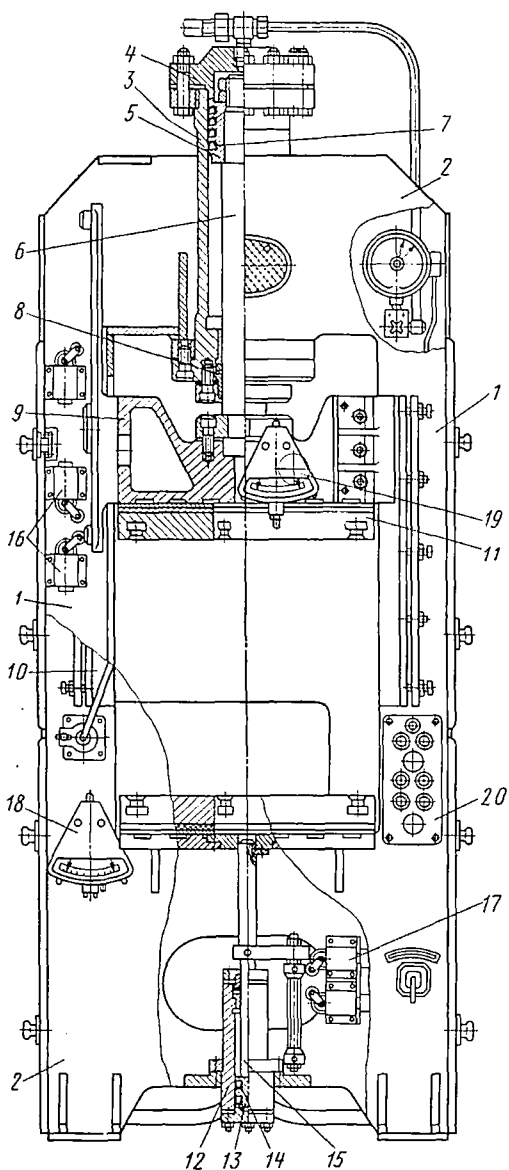


Рис. 36. Рамный гидравлический пресс

В зависимости от свойств и размеров материала, потребного удельного давления прессования и методов прессования применяются гидравлические прессы с нижним давлением и комбинированные (с одно- или одновременно действующими гидроцилиндрами верхнего и нижнего давления).

В табл. 11 и 12 приведена техническая характеристика отечественных гидравлических прессов.

Таблица 11

Техническая характеристика отечественных гидравлических прессов для пластмасс с групповым приводом

Параметры	Тип пресса			
	Д2324	Д2328	Д2330	Д2332
Сила в кН:				
прессования	250	630	1000	1600
возвратного хода	60	160	250	400
подъема выталкивателя	50	100	125	200
опускания выталкивателя	19	28	35	55
Ход в см:				
подвижной плиты пресса	25	32	40	50
выталкивателя	12,5	16	20	25
Скорость подвижной плиты в мм/с:				
на холостом ходу	100	100	70	70
на рабочем ходу	2,5	2,5	2	2
при подъеме	100	100	70	70
Скорость выталкивателя в мм/с:				
при подъеме	44	57	80	60
при опускании	44	108	100	60
Давление жидкости в МН/м ²	0,8 и 20	0,8 и 20	0,8 и 20	0,8 и 20
Давление жидкости от мультипликатора в МН/м ²	—	32	32	32
Величина разъема пресса в см	50	63	71	80
Размеры стола в см	40×40	50×50	63×63	80×80
Габаритные размеры пресса в м	0,84× ×1,4× ×2,32	1×1,1× ×2,6	1,21× ×1,2× ×2,63	1,4× ×1,4× ×3
Масса пресса в кг	5,200	15000	22000	37000

§ 3. ПРИВОД ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

Привод гидравлических прессов для производства изделий из пластмасс может быть индивидуальным или групповым в зависимости от конкретных условий (количества прессов, характера циклов и т. д.)

Индивидуальным приводом называется такой привод, когда один или несколько насосов обслуживают только один пресс, а при групповом приводе группа насосов получает питание от централизованной насосно-аккумуляторной станции.

На рис. 37, а показан групповой привод с пневматическими беспоршневыми аккумуляторами. Привод состоит из гидравли-

Техническая характеристика отечественных прессов с индивидуальным гидравлическим приводом

Параметры	Тип пресса							
	ДА2424	П481А	ДА2428	Д2330	ПД476А	Д2434А	ДА2436	ДА2238
Сила в кН:								
пресса	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
обратного хода	67	105	170	250	350	640	960	—
выталкивателя	52	60	89	125	200	315	500	800
Ход подвижной плиты в см	25	32	32	40	50	50	63	63
Скорость подвижной плиты в мм/с:								
при холостом ходе вниз	105	83	115	70	70	62	60	50
» рабочем ходе	2,5	2	2,5	2	2,7	2,2	2	2
» подъеме	118	77	115	70	70	55	58	40
Ход выталкивателя в см	12,5	16	16	20	25	25	32	32
Скорость выталкивателя в мм/с:								
при подъеме	14	13	35	23	20	19	22	75
» опускании	22	21	45	46	65	106	65	130
Максимальное расстояние между плитами в см	50	50	80	80	80	90	125	126
Размеры стола в см	40×40	50×50	50×50	63×63	80×80	100×100	125×125	140×140
Высота стола над уровнем пола в см	73	73	78,5	80	85	85	85	85
Мощность электродвигателя в кВт	2,8	2,8	2,8	2,8	4,5	4,5	10	20
Габаритные размеры пресса в м	1,5× ×0,4×2	1,7× ×0,4× ×2,2	1×1,1× ×2,3	1,8× ×0,7× ×2,6	1,2× ×1,9× ×3,3	2,3×1× ×3,3	2,7× ×1,3× ×3,9	2,7× ×2,3× ×5,3
Масса пресса в кг	6,800	12000	16000	15000	37000	63000	103000	300000

ческих насосов 1, которыми жидкость под высоким давлением по магистрали 2 подается в аккумулятор 3 высокого давления, а затем через гидравлические распределители (дистрибуторы) 4 к прес-

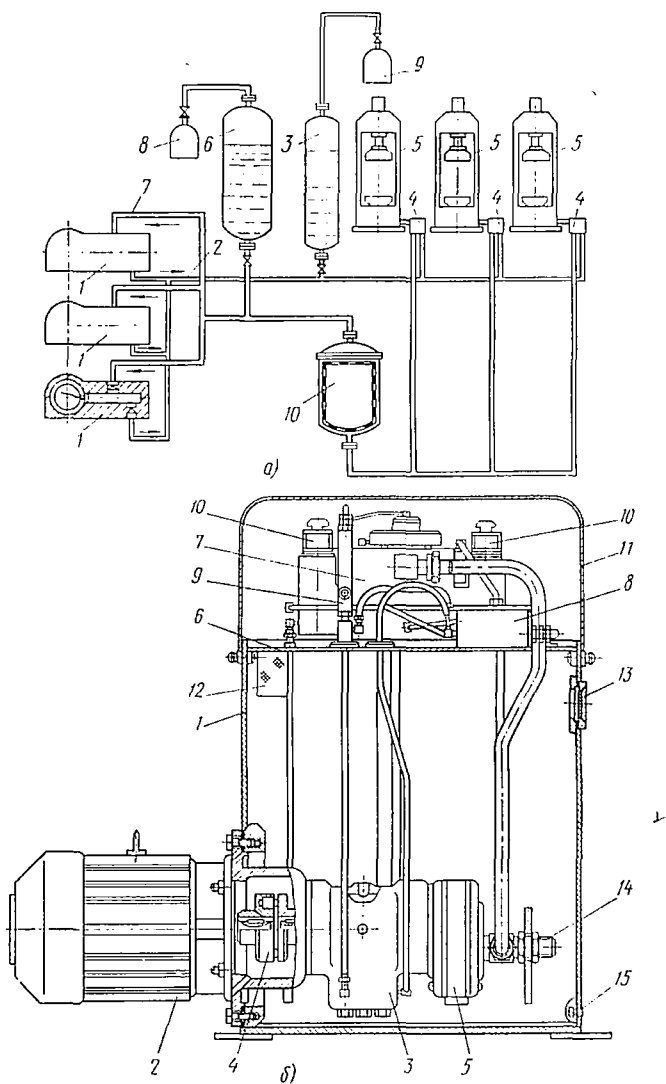


Рис. 37. Гидравлический привод

сам 5. Рабочая жидкость низкого давления подается к прессам через аккумулятор 6 низкого давления. Возвращается эмульсия к насосам по магистрали 7 низкого давления. Для поддержания жидкости под давлением в пневматических беспоршневых аккумуля-

муляторах имеются компрессоры низкого 8 и высокого 9 давлений. Для очистки отработанной эмульсии предусмотрен фильтр 10.

Методика расчета количества жидкости высокого давления, необходимого для группового привода гидравлических прессов цеха, разработана В. К. Завгородним. Для расчета следует предварительно классифицировать прессы по группам: 1) крупнотоннажные, работающие с использованием жидкости низкого давления; 2) малотоннажные; 3) прессы опытного цеха и лаборатории.

Для прессов первой группы используется жидкость высокого и низкого давления (20 и 0,8 МН/м²), а для прессов второй и третьей групп — только жидкость высокого давления (30 МН/м²).

Общее количество жидкости высокого давления, необходимое для привода гидравлических прессов,

$$Q = \sum_{i=1}^{n_1} Q_{i1} + \sum_{i=1}^{n_2} Q_{i2} + \sum_{i=1}^{n_3} Q_{i3}; \quad (125)$$

$$Q_{i1} = \frac{\pi D^2 H_{пл} N k_{н.о} k_{пл}}{4000t};$$

$$Q_{i2} = \frac{\pi d_{выт}^2 h_{выт} N k_{н.о} m_{выт}}{4000t};$$

$$Q_{i3} = \frac{\pi D^2 h_{под} n_{под} N k_{н.о} m_{под}}{4000t},$$

где Q_{i1} — количество жидкости, необходимое для смыкания и размыкания группы прессов с определенной усредненной силой, в л/мин; Q_{i2} — количество жидкости, необходимое для подъема выталкивателя у группы прессов усредненной силы, в л/мин; Q_{i3} — количество жидкости, необходимое для разъема и смыкания пресс-формы при подпрессовках у группы прессов усредненной силы, в л/мин; условные усредненные силы для указанных групп — 900·250 и 480 кН; D — диаметр главного (или возвратного, ретурного) плунжера в см; $H_{пл}$ — величина хода плунжера под действием жидкости высокого давления в см; N — количество прессов усредненной силы; $k_{н.о} = 0,85$ — коэффициент использования оборудования; $k_{пл}$ — количество плунжеров на одном прессе; $t \approx 2 \div 4$ — средняя длительность одного цикла прессования в мин; $d_{выт}$ — диаметр выталкивающего плунжера со стороны рабочей полости цилиндра в см; $h_{выт}$ — средняя величина хода выталкивателя в см; $m_{выт} = 0,7$ — коэффициент прессов, работающих с выталкивателем; $h_{под}$ — средняя высота подпрессовок в см; $n_{под} = 2$ — среднее количество подпрессовок; $m_{под} = 0,7$ — коэффициент прессов, работающих с подпрессовками; n_1, n_2, n_3 — количество прессов в каждой группе.

На рис. 37, б показан индивидуальный гидравлический привод, состоящий из бака 1 для рабочей жидкости, электродвигателя 2, который соединен с насосом 3 высокого давления муфтой

сцепления 4, насоса 5 низкого давления и гидравлической аппаратуры управления. Гидравлическая аппаратура смонтирована на плите 6 и состоит из гидропанели 7, регулятора 8, промежуточного давления и предохранительного клапана 9. Клапанами, находящимися в гидропанели, управляют электромагниты 10. Сверху гидроаппаратура закрыта кожухом 11. Масло в бак заливают через фильтр 12. Уровень масла в баке контролируется через смотровое окно 13. Во время работы насосы засасывают масло через патрубок 14. Отработанное масло сливается через отверстие 15 с заглушкой.

Насосы являются основным рабочим органом любого гидравлического привода. В зависимости от конструкции насосы подразделяются на плунжерные (кривошипные и эксцентриковые), ротационные, шестеренные, винтовые и лопастные.

К насосам предъявляются следующие требования: а) способность создавать требуемое давление при сохранении возможно более высокого объемного и общего к. п. д.; б) надежность в эксплуатации; в) равномерность подачи; г) малогабаритность; д) четкость и экономичность регулирования производительности.

В настоящее время для привода гидравлических прессов с давлением масла 29,4—39,2 МН/м² используют гидроаппаратуру с малогабаритными сдвоенными насосами. На рис. 38 показан сдвоенный насос, состоящий из шестеренного 5 насоса и эксцентрикового 3 (см. рис. 37, б). На фланце 1 (рис. 38), соединенном с корпусом насоса, устанавливается электродвигатель для привода соосных валов 2 и 3. Вал эксцентрикового насоса установлен в роликовых подшипниках 4, а вал шестеренного насоса — в шарикоподшипниках 5. На эксцентриковых шейках вала 2 расположены три игольчатых подшипника 6, наружные обоймы которых перемещают вниз поршни 7 и их седла 8, вытесняя определенный объем масла через нагнетательные шариковые клапаны 9. В исходное положение поршни возвращаются с помощью пружин 10. Масло из масляной ванны поступает в насос через отверстие А. Масло из насоса нагнетается через два канала: В (от одного поршня) и В' (от двух поршней).

Скорость движения v главного и выталкивающего плунжеров определяют по формуле

$$v = \frac{4V_t}{\pi D^2}, \quad (126)$$

где V_t — производительность насоса в м³/с; D — диаметр плунжера в м.

Приводную мощность насоса $N_{\text{нас}}$ рассчитывают по формуле

$$N_{\text{нас}} = \frac{pV_t'}{6 \cdot 10^4 \eta_{\text{м}}}, \quad (127)$$

где p' — теоретическое или индикаторное давление нагнетаемой жидкости в МН/м²; ρ — плотность жидкости в кг/м³; V_t' — теор-

ретиическая производительность насоса в л/мин; η_m — механический к. п. д. насоса.

Производительность поршневого насоса

$$V_t = \frac{\pi d_p^2 c_p S_p n_b \eta_{об}}{4 \cdot 10^6}, \quad (128)$$

где d_p — диаметр поршней в мм; c_p — количество поршней; S_p — длина хода поршней в мм; n_b — скорость вала в об/мин; $\eta_{об}$ — объемные к. п. д.

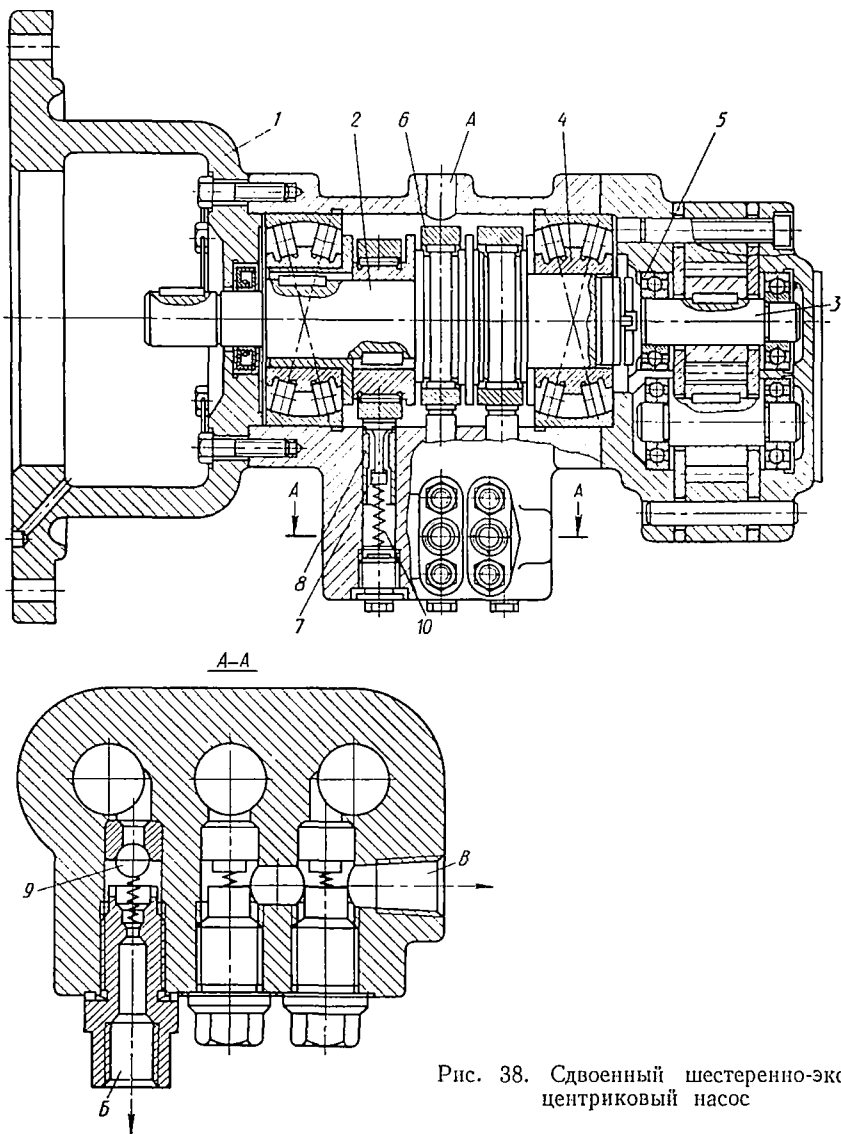


Рис. 38. Сдвоенный шестеренно-эксцентрикый насос

Производительность шестеренного насоса

$$V_t = \frac{2l_{\text{зац}}b_{\text{ш}}n_{\text{ш}}}{10^6 m_{\text{ш}} \cos \alpha} \left(m_{\text{ш}}^2 z_{\text{ш}} + m_{\text{ш}} - \frac{l_{\text{зац}}^2}{12} \right), \quad (129)$$

где $l_{\text{зац}}$ — длина рабочего участка линии зацепления в мм; $b_{\text{ш}}$ — ширина шестерни в мм; $n_{\text{ш}}$ — скорость шестерен в об/мин; $m_{\text{ш}}$ — модуль шестерни в мм; α — угол зацепления; $z_{\text{ш}}$ — число зубьев ведущей шестерни.

Производительность лопастного насоса двустороннего действия

$$V_t = \frac{2b_p n_p}{10^6} (R_1 - R_2) \cdot \left[\pi (R_1 - R_2) - \frac{\delta_l c_l}{\cos \alpha} \right], \quad (130)$$

где b_p — ширина ротора в мм; n_p — скорость ротора в об/мин; R_1, R_2 — большой и малый радиусы направляющего отверстия в статоре в мм; δ_l — толщина лопастей в мм; c_l — число лопастей; $\alpha = 13^\circ$ — угол наклона лопастей в роторе.

При расчете необходимой производительности насосов учитывают утечки жидкости через неплотности в гидроаппаратуре, а также сжимаемость жидкости и расширение трубопроводов под действием давления жидкости.

Аккумуляторы предназначены для компенсации неравномерности потребления прессами рабочей жидкости, т. е. они накапливают жидкость в периоды минимального расхода, с тем чтобы отдавать ее в гидравлическую сеть в периоды максимального расхода. Кроме того, аккумулятор поддерживает постоянное давление в гидравлической сети и воспринимает гидравлические удары.

Аккумуляторы подразделяются на грузовые, пружинные, пневмопоршневые и пневматические беспоршневые.

Грузовые аккумуляторы обеспечивают минимальное колебание давления рабочей жидкости ($\pm 1,5$ —3% от номинального). Аккумуляторы такого типа изготовляют либо с подвижным нагруженным цилиндром и неподвижным плунжером, либо с подвижным нагруженным плунжером и неподвижным цилиндром.

Грузовой аккумулятор (рис. 39, а) представляет собой вертикальный гидравлический цилиндр 1 с плунжером 2, нагруженным чугунными дисками 3. Цилиндр установлен на опорной плите 4. На верхнюю часть плунжера насажена крестовина 5, к которой при помощи тяг 6 подвешена плита 7 с грузом. Давление, передаваемое на плунжер, регулируется количеством дисков 3. При опускании груза в крайнее нижнее положение плита опирается на упоры 8. В нижней части плунжера имеются каналы А, прекращающие подъем его путем вывода жидкости через отверстие В в цилиндре.

Аккумулятор работает следующим образом. Нагнетаемая насосами жидкость поступает в плунжер 2, поднимает его, заполняя при этом рабочее пространство цилиндра, в котором она находится

под постоянным давлением от действия массы грузов. Таким образом, увеличение или уменьшение расхода жидкости влияет только на запасы ее в цилиндре и не отражается на давлении.

Недостаток грузовых аккумуляторов: большие габаритные размеры при малом объеме активной жидкости; кроме того, их работа сопровождается гидравлическими ударами и сотрясанием фундамента здания.

Пружинные аккумуляторы применяют только при ограниченной потребности активной жидкости; при этом их работа сопровождается значительными колебаниями давления рабочей

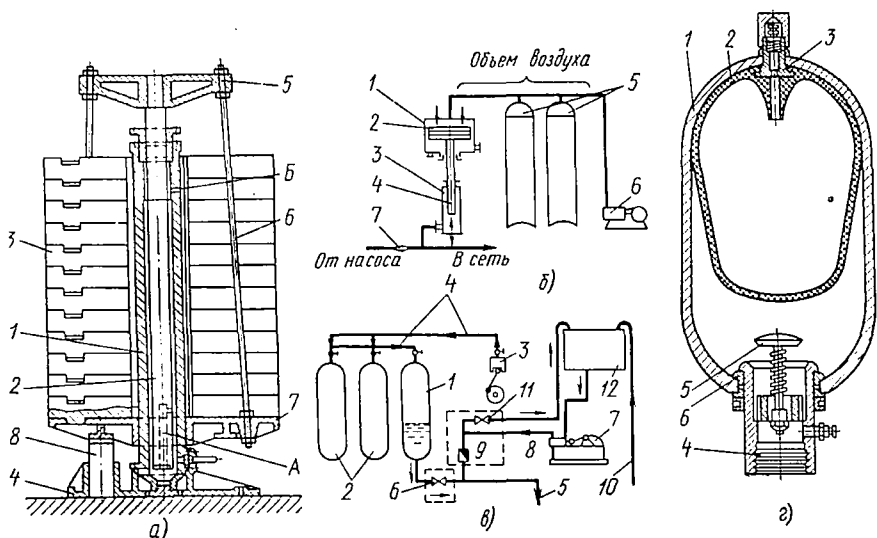


Рис. 39. Аккумуляторы:

а — грузовой; б — пневмопоршневой; в — пневмобеспоршневой; г — пневмогидравлический

жидкости. В качестве аккумуляторов небольшой емкости применяют пневмопоршневые. Положительным качеством таких аккумуляторов является резкое снижение инерционных сил по сравнению с грузовыми аккумуляторами.

Аккумулятор (рис. 39, б) состоит из пневмоцилиндра 1 с поршнем 2 и гидроцилиндра 3 с плунжером 4. Плунжер и поршень жестко связаны между собой, вследствие чего в пневмоцилиндре возникают резкие колебания давления воздуха, а следовательно, становится переменным и давление рабочей жидкости, поступающей к прессам. Для снижения этих колебаний увеличивают объем воздушной части подсоединением к цилиндру 1 воздушных баллонов 5. Воздух в баллоны подкачивается компрессором 6. Рабочая жидкость от насоса поступает в гидроцилиндр через обратный клапан 7, воздействует при этом на плунжер 4, вследствие чего поршень 2 сжимает воздух в цилиндре 1 и воздушных

баллонах 5. Жидкость к работающим прессам выдавливается сжатым воздухом. Одним из основных недостатков такого типа аккумуляторов является громоздкость установки.

Наиболее эффективными являются пневматические беспоршневые аккумуляторы (рис. 39, в), которые состоят из вертикально установленного баллона 1 для аккумулируемой жидкости и баллонов 2 для сжатого воздуха. Воздух в баллоны подкачивается компрессором 3 по трубопроводу 4. Вытесняемая воздухом рабочая жидкость из баллона 1 по трубопроводу 5 через клапан 6 направляется к гидравлическим прессам. Жидкость в аккумулятор поступает от насоса 7 по трубопроводу 8 через обратный клапан 9. Отработанная жидкость от прессов по магистрали 10, а также избыток жидкости от насоса через перепускной клапан 11 направляется в резервуар 12.

Аккумуляторы подобного типа имеют большой объем активной жидкости, равный около половины полного объема аккумулятора. В беспоршневом пневматическом аккумуляторе отсутствуют движущиеся части, поэтому в них нет никаких уплотнений, через которые обычно происходит утечка жидкости и воздуха. Кроме того, работа таких аккумуляторов не сопровождается гидравлическими толчками и ударами.

Беспоршневые аккумуляторы целесообразно применять не только при групповом, но и при индивидуальном приводе, так как всевозможные гидравлические потери компенсируются аккумулятором при отключенном насосе.

На рис. 39, г показан малогабаритный пневмогидравлический аккумулятор, представляющий собой металлический баллон 1 с резиновым мешком 2. Аккумулятор имеет клапан 3 для подачи воздуха, клапан 4 для нагнетания рабочей жидкости, клапан 5 для удержания резинового мешка при его расширении. Для предотвращения повышения давления сверх допустимого в нижней части баллона имеется прокладка 6, которая выжимается и тем самым снижает давление в аккумуляторе.

Аккумулятор работает следующим образом: сначала в резиновый мешок подается сжатый воздух, под действием которого мешок прилегает к внутренней поверхности баллона. Затем снизу в баллон нагнетается масло для сжатия воздуха в мешке. Из аккумулятора масло выжимается в гидросистему и направляется к прессам под давлением воздуха, находящегося в резиновом мешке. Недостатком этого аккумулятора является снижение давления масла, так как по мере расходования жидкости давление воздуха будет снижаться.

Рабочую емкость V аккумулятора рассчитывают по формуле

$$V = \lambda \left(\frac{g_1 n_1}{m_1} + \frac{g_2 n_2}{m_2} + \frac{g_3 n_3}{m_3} + \dots + \frac{g_i n_i}{m_i} \right) - \frac{V_i t_{\max}}{60} \text{ л, (131)}$$

где λ — коэффициент одновременности работы прессов; $g_1, g_2, g_3, \dots, g_i$ — расход жидкости главным цилиндром пресса за

один цикл прессования в л; $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i$ — количество прессов в группе; $m_1, m_2, m_3, \dots, m_i$ — количество прессов, обслуживаемых одним прессовщиком; V_t — производительность насосов в л/мин; t_{\max} — продолжительность операции с максимальным расходом жидкости в с.

При определении емкости аккумулятора с заданным падением давления расширение и сжатие газа принимается изотермическим. В тех случаях, когда аккумулятор при работе очень быстро заполняется и опорожняется, объем газа V_r под давлением в аккумуляторе при максимальном уровне жидкости рекомендуется рассчитывать по формуле

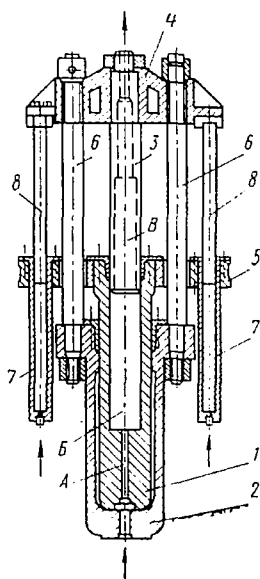
$$V_r = \frac{V_a}{\sqrt[1,3]{p_{r1}/p_{r2}} - 1},$$

где V_a — активный объем рабочей жидкости в л; p_{r1}, p_{r2} — абсолютные давления газа соответственно при максимальном и минимальном уровне жидкости в аккумуляторе.

Во избежание произвольного повышения (или понижения) давления аккумуляторы устанавливают в закрытом помещении и защищают от прямых солнечных лучей.

Мультипликаторы. Для повышения давления жидкости, подаваемой от аккумулятора к прессу во время прессования, служит мультипликатор, который позволяет в несколько раз увеличить давление жидкости.

Рис. 40. Гидравлический мультипликатор



Мультипликаторы бывают гидравлические и паровоздушно-гидравлические. На рис. 40 показан гидравлический мультипликатор, который состоит из полого плунжера 1, перемещающегося в гидроцилиндре 2, и неподвижного плунжера 3, прикрепленного к верхней траверсе 4. Рабочая жидкость от аккумулятора поступает в цилиндр и заставляет плунжер 1 с подвижной плитой 5, перемещающейся по направляющим колоннам 6, подниматься вверх. Одновременно жидкость через отверстие А цилиндра начинает поступать в полость В плунжера 1, предварительно заполненную жидкостью. При этом давление жидкости на плунжер 3 возрастает во столько раз, во сколько раз площадь плунжера 1 больше площади плунжера 3.

Затем рабочая жидкость через сквозное отверстие В плунжера 3 поступает в гидравлическую сеть. По окончании прессования жидкость подается в возвратные цилиндры 7, плунжеры 8 которых закреплены на верхней траверсе, и подвижная плита с плунжером 1 возвращается в исходное положение.

§ 4. УПРАВЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ПРЕССАМИ

Управление гидравлическими прессами сводится в основном к распределению рабочей жидкости по цилиндрам пресса при помощи различного вида распределителей (дистрибуторов); при этом управление может быть ручным, полуавтоматическим и автоматическим.

Распределители изготовляют трех видов: шпиндельные, золотниковые и клапанные. Шпиндельный распределитель применяется в основном при ручном управлении пресса; золотниковые и клапанные распределители — при полуавтоматическом и автоматическом управлении прессом. Для управления прессами с групповым приводом используют в основном распределители с гидравлическими соленоидоуправляемыми клапанами.

Соленоидоуправляемый клапан состоит из корпуса 1 (рис. 41) с крышкой 2 и фланцем 3, поршня 4, стержня 5 с игольчатым клапаном 6 и сердечника 7. На магнитную трубку 8 надевается соленоидная катушка. При подаче напряжения на катушку сердечник 7 втягивается в трубку. В процессе движения сердечник упирается в выступ стержня 5, передвигая его с игольчатым клапаном в крайнее верхнее положение; при этом открывается центральный канал А. Подъем клапана ограничивается пробкой 9. Внутренняя полость клапана, находящаяся над поршнем, постоянно соединена с входным отверстием клапана через боковой канал Б. Диаметр бокового канала в 1,5—2 раза меньше диаметра центрального канала.

В результате движения жидкости через каналы Б и А по обе стороны поршня возникает разность давлений (над поршнем меньше, а под поршнем больше) и поршень поднимается, открывая проход жидкости из магистрали к прессу через трубопровод 10, седло 11 и далее через трубопровод 12. После выключения тока сердечник, стержень и игольчатый клапан опускаются и центральный канал закрывается, вследствие чего исчезает разность давлений. Поршень под давлением жидкости и пружины 13, которая верхним торцом упирается в кольцо 14, закрывает отверстие в седле 11, прижимаясь к текстолитовой прокладке 15. Для

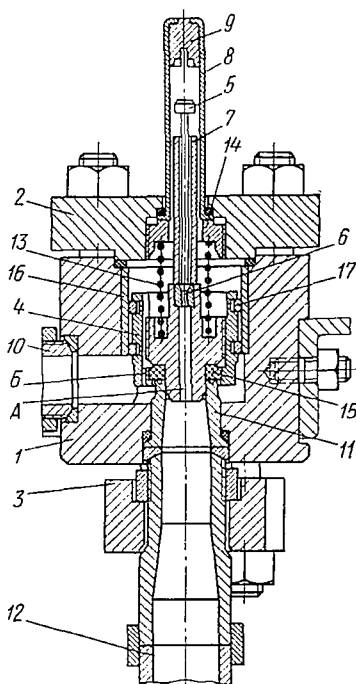


Рис. 41. Соленоидоуправляемый распределитель

предотвращения подтекания жидкости при перемещении поршня по гильзе 16 установлены поршневые кольца 17. Если необходимо, чтобы соленоиду управляемый клапан пропускал жидкость в обоих направлениях, его совмещают в одном корпусе с обратным клапаном; такой совмещенный клапан называют комбинированным.

Для управления прессами с индивидуальным приводом применяют в основном золотниковые распределители.

На рис. 42 показана гидравлическая схема пресса-полуавтомата. Главный 1 и выталкивающий 2 цилиндры пресса управ-

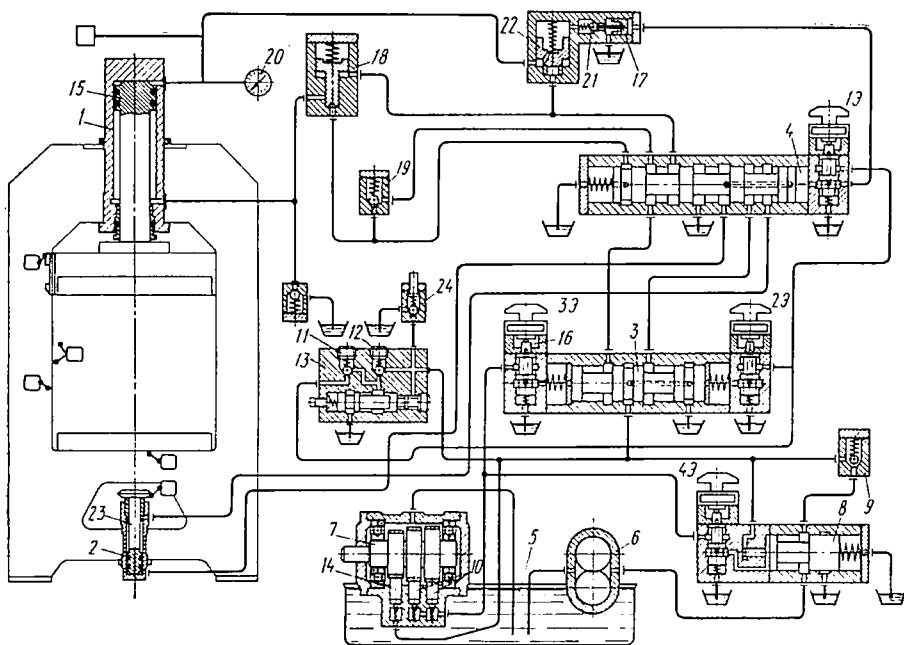


Рис. 42. Гидравлическая схема пресса-полуавтомата

ляются при помощи золотниковых клапанов 3 (переключения) и 4 (реверса) гидросистемы, масло из бака 5 нагнетается шестеренным 6 и эксцентриковым 7 насосами.

Масло от шестеренного насоса, проходя через разгрузочный золотник 8 низкого давления, обратный клапан 9 и золотниковый клапан 3, сливается в бак. Масло от двух поршней 10 эксцентрикового насоса проходит через обратные клапаны 11 и 12 регулятора 13 промежуточного давления, после чего смешивается с потоком масла, нагнетаемого поршнем 14 эксцентрикового насоса и шестеренным насосом.

Главный поршень 15 опускается после включения электромагнита 3Э. При этом вспомогательный золотник (пилот) 16 перемещается, пропуская масло из линии управления в левую

торцовую полость золотникового клапана 3. Последний перемещается в крайнее правое положение, и поток масла из шестеренного и эксцентрикового насосов проходит через полости клапанов 3, 4 и запорный клапан 17 в рабочую полость главного цилиндра 1. Из штоковой полости главного цилиндра масло проходит через поддерживающий клапан 18, обратный клапан 9, внутреннюю полость золотникового клапана 4 и смешивается с потоком масла, нагнетаемого в рабочую полость цилиндра (вследствие чего скорость опускания главного плунжера увеличивается примерно вдвое).

За 20—30 мм до полного опускания плунжера при запирании пресс-формы включается также электромагнит 4Э, который передвигает вправо вспомогательный золотник. При этом золотник регулятора низкого давления передвигается в крайнее правое положение и шестеренный насос соединяется со сливным баком. Дальнейшее нагнетание масла в главный цилиндр осуществляется только эксцентриковым насосом малой производительности, вследствие чего скорость опускания главного плунжера резко замедляется. По мере закрытия пресс-формы сопротивление движению плунжера возрастает, в связи с чем повышается давление масла в системе.

При достижении давления от 1,5 до 20 МН/м² срабатывает регулятор 13 промежуточного давления, золотник которого перемещается влево, преодолевая усилие пружины. В результате поток масла от двух поршеньков эксцентрикового насоса соединяется со сливом, а поток масла от одного поршенька обеспечивает повышение давления масла до номинального (32 МН/м²). После достижения необходимого рабочего давления контактный манометр 20 выключает электромагнит 3Э, а также электродвигатель насосов (на рисунке не показан) и начинается выдержка закрытой пресс-формы под давлением. При этом запорный клапан 17 плотно закрыт (нет утечек масла из рабочей полости главного цилиндра), штоковая полость главного цилиндра через клапаны 19 и 4 соединена со сливом.

Главный плунжер поднимается после включения электромагнитов 3Э, 4Э и 1Э. При этом нагнетающая линия шестеренного насоса соединена со сливом, а поток масла от трех поршеньков направлен в штоковую полость главного цилиндра (так как золотниковый клапан 3 переместился в крайнее правое, а клапан 4 — в крайнее левое положение). Масло из линии управления через пилот клапана 4 проникает в правую полость корпуса запорного клапана 17, при этом обратный шариковый клапан 21 открывается, а клапан 22 поднимается (за счет перепада давления в полостях под и над клапаном). В результате этого рабочая полость цилиндра 1 соединяется со сливом через каналы в клапане 4.

После подъема пресс-формы на 10—30 мм выключается электромагнит 4Э, шестеренный насос переключается на рабочий ход, и главный плунжер поднимается в исходное верхнее положение.

Выталкиватель 23 поднимется после включения электромагнитов 1Э и 2Э. При этом рабочая полость выталкивающего цилиндра 2 соединится с нагнетающей линией шестеренного и эксцентрикового насосов через внутренние полости золотниковых клапанов 3 и 4. Поток масла из штоковой полости цилиндра 2 смешивается с потоком масла, нагнетаемого насосами, вследствие чего скорость подъема выталкивателя 23 увеличивается. Если для подъема выталкивателя недостаточно давления масла, создаваемого шестеренным насосом (2 МН/м^2), последний переключается на холостую работу, и масло в выталкивающий цилиндр нагнетается только насосом 7 высокого давления. Шестеренный насос переключается за счет давления масла на торец штока золотника в камере разгрузочного золотника 8, достаточного для перемещения штока в крайнее правое положение.

Выталкиватель 23 опускается под действием электромагнита 2Э. При этом клапан 3 перемещается в крайнее левое положение, вследствие чего поток масла от насосов пройдет в штоковую полость выталкивающего цилиндра, а рабочая полость цилиндра соединится через полости клапана 4 со сливом. Рабочая полость выталкивающего цилиндра соединена со сливом в бак во время выдержки под давлением, вследствие чего предотвращается произвольный подъем выталкивателя при просачивании масла через неплотности в гидроаппаратуре и выталкиваемом цилиндре. Раскрытие и запираание пресс-формы при подпрессовках осуществляется идентично подъему и опусканию (на рабочем ходу) главного плунжера. В случае превышения допустимого давления в системе сработает предохранительный клапан 24 и сбросит избыток масла на слив в бак.

Сила для перемещения золотника в корпусе распределителя определяется приблизительно по формуле

$$P = kd\lambda pf, \quad (132)$$

где d — номинальный диаметр золотника в м; l — максимальная длина золотника, на которую возможно одностороннее действие жидкости, в м; p — максимальное давление в системе в Н/м^2 ; $f \approx 0,05$ — коэффициент трения золотника о корпус; $k = 0,15 \div \div 0,3$ — коэффициент, зависящий от точности изготовления золотника.

Полуавтоматический режим управления прессами, предназначенными для изготовления изделий из таблетированных пресс-порошков, в значительной степени повышает качество изделий и приводит к существенному повышению производительности труда. Полная автоматизация всего цикла прессования, включая съем изделий, очистку формы и загрузку сырья, повышает производительность труда, так как на обязанности оператора остается только технический надзор за группой прессов и периодическая загрузка сырья в бункера-питатели.

§ 5. ЭТАЖНЫЕ ПРЕССЫ

На четырехколонном двухэтажном прессе (рис. 43) можно прессовать различные изделия в обычных пресс-формах. Пресс состоит из верхней траверсы 1, нижней неподвижной плиты 2, двух подвижных плит 3 и 4. Плита 3 крепится к плунжеру 5 главного гидроцилиндра. Подвижные плиты перемещаются по направляющим колоннам 6. К подвижным и неподвижным плитам прикреплены пресс-формы с обогревательными плитами. В левой части пресса установлены автоматические терморегуляторы, которые регулируют температуру матриц и пуансонов каждой пресс-формы автономно.

Для одновременного прессования изделий из слонстых пластиков, древесностружечных, древесноволокнистых и других плит применяют многоэтажные гидравлические прессы (с количеством этажей до 25) и общей силой прессования до 50 МН.

Между нижней подвижной рамой 1 (рис. 44), опирающейся на плунжеры 2 гидроцилиндров 3, и верхней траверсой 4 размещены металлические плиты 5 толщиной около 60 мм. В плитах в продольном и поперечном направлении просверлены каналы, в которые подается пар для нагрева плит и прессуемых изделий (в отдельных конструкциях предусматривается электроннагрев плит 5). Пар подается от парораспределительной колонки 6 через шарнирные паропроводные трубы 7 в каналы плит 5. Направляющими для подвижной рамы 1 служат колонны 8, связывающие опорную раму 9 с траверсой 4.

Работа пресса происходит в следующей последовательности. Жидкость в цилиндры пресса через распределитель 12 подается сначала насосом 10 низкого давления, а затем, после смыкания плит пресса, насосом 11 высокого давления. По окончании прессования распределитель переключают и соединяют цилиндры пресса (через трубы 13 и 14) с напорным баком 15; при этом жидкость из цилиндров перетекает в напорный бак. Давление в ци-

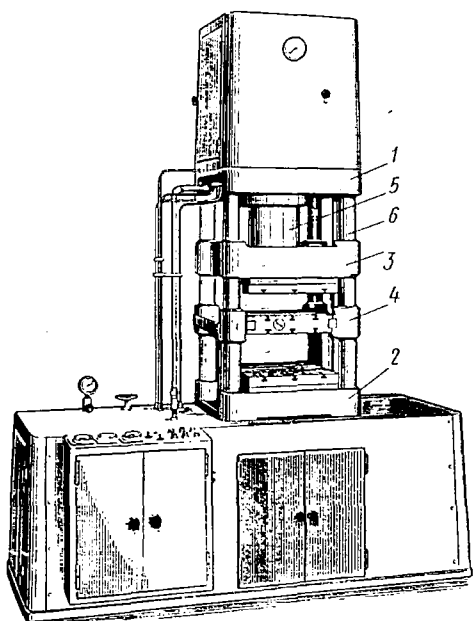


Рис. 43. Двухэтажный гидравлический пресс колонной конструкции

линдре падает, и подвижная рама 1 под действием силы тяжести опускается в исходное положение. Загрузка и разгрузка прессуемых изделий на прессе механизированы.

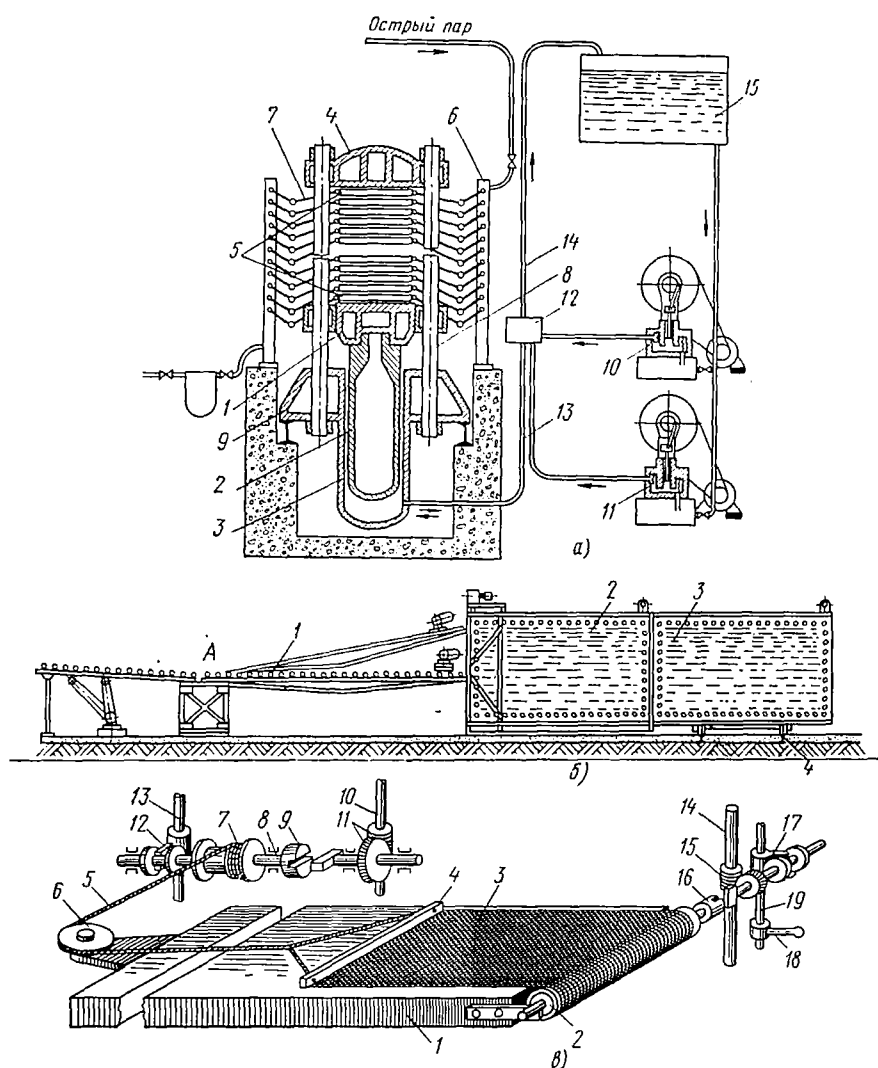


Рис. 44. Многоэтажный пресс:

а — принципиальная схема; б — загрузочное устройство; в — механизм загрузки и выгрузки

Загрузочное устройство пресса состоит из загрузочного транспортера 1 (рис. 44, б), стационарной многоярусной роликовой вагонетки 2 и передвижной роликовой вагонетки 3. Загрузочный роликовый транспортер может поворачиваться вокруг точки А

так, что передний его конец может подниматься по высоте от нижнего до верхнего этажа вагонетки. Подъем транспортера производится от электродвигателя при помощи цепной передачи; при этом автоматически действующие устройства обеспечивают перемещение по высоте только на один шаг: включая одновременно приводные ролики неподвижной вагонетки в том ряду, на который в данный момент должна поступить плита. Команда на включение приводных роликов вагонетки подается, когда передний край плиты нажимает на конечный выключатель. Команда же на подъем загрузочного мостика на следующий этаж (ярус) подается после перехода плиты на ролики стационарной вагонетки. После того как все этажи вагонетки будут загружены, включаются ролики всех ярусов стационарной и передвижной вагонеток и все плиты одновременно переходят на ролики передвижной вагонетки, которая затем перемещается по рельсовым путям 4 к гидравлическому прессу. После того как вагонетка подойдет к прессу, все плиты, уложенные в ней, одновременно поступают на металлические плиты многоэтажного гидравлического пресса.

На рис. 44, в показана схема механизма загрузки плит в пресс. На плите 1 пресса с загрузочной стороны на кронштейнах устанавливается валик 2, на который наматана сетка 3. На свободном конце сетки закреплена планка 4, к которой присоединен трос 5. Трос огибает блок 6 и наматывается на барабан 7 лебедки, закрепленной на валу 8. Вал состоит из двух частей, соединенных муфтой 9. Вал 8 приводится от электродвигателя через вертикальный приводной вал 10 и червячную передачу 11. Рассмотренное устройство имеется у каждой плиты пресса. При помощи вилки 12, передвигающей горизонтальный вал, включается или выключается муфта 9. Вилки включения действуют одновременно на всех этажах при повороте специального рычага вертикального вала 13, на котором они закреплены.

Пресс загружается следующим образом. При одновременном включении всех приводных роликов передвижной вагонетки плиты передвигаются в сторону пресса. Как только передний край плиты поступит на сетку, включается механизм передвижения сеток и плиты на сетке поступают в пресс. Натяжение тросов обеспечивается специальными гидравлическими амортизаторами.

Выгрузочное устройство. Готовые плиты из пресса выгружаются с загрузочной стороны при помощи механизма, состоящего из приводного вала 14, червячной передачи 15, муфты 16, вилки 17 включения. Поворачивая за рычаг 18 вертикальный вал 19, при помощи вилок 17 включают муфту 16 и приводят тем самым во вращение валик 2. При этом сетка 3 наматывается на валик и вытягивает готовые плиты из пресса. При вытягивании плит муфта 9 загрузочного устройства выключена и вал 8 вращается свободно. Плиты, вытягиваемые из пресса, поступают в разгрузочную вагонетку, расстояние между этажами которой постепенно

уменьшается по направлению к выходу, что облегчает съем плит с вагонетки.

Рассмотренная выше система загрузки и выгрузки прессы заменяется более совершенной, при которой пресс загружается с одной стороны, а разгружается с другой; при этом не нарушается непрерывность потока и увеличивается степень использования прессы, так как сокращается время загрузки и выгрузки.

На рис. 45 показан многоэтажный гидравлический пресс 1, применяемый при поточной загрузке и выгрузке изделий. Сформованная плита на специальном металлическом поддоне транспортером подается к загрузочной этажерке 2. Этажерка имеет столько же этажей, сколько и пресс; в каждом из этажей монтируется по два консольных рольганга 3. Этажерка при помощи гидравлического подъемника передвигается по вертикали. Поддоны с плитами в этажерку загружаются в следующей последовательности.

Этажерка опускается в приемок с таким расчетом, чтобы верхние консольные рольганги расположились на одном уровне с подающим транспортером. После этого подающий транспортер передает поддон с плитой на консольные рольганги. Передний конец поддона, дойдя до конца этажерки, нажимает на контакт переключения клапанов гидроподъемника этажерки, и она поднимается на один шаг (в конце подъема нажимает на выключатель). Также последовательно загружаются поддонами с плитами все этажи при помощи толкателя 4, который перемещается по двутавровым балкам 5. Ширина толкателя принимается несколько меньшей, чем просвет между консольными рольгангами этажерки, поэтому он может свободно передвигаться между указанными рольгангами. При своем поступательном движении толкатель, упираясь в торцы поддонов, находящихся на этажерке 2, вдвигает их в пресс 1 и затем отводится назад.

Поддоны с отпрессованными плитами выгружаются разгрузчиком 6. Металлические поддоны с одной стороны имеют специальные выступы, за которые зацепляется захватное устройство разгрузчика, работающего при помощи электромагнитного устройства. Пресс разгружается в следующей последовательности. Сначала снимается давление, и плиты прессы опускаются на свои упоры. К прессу подводится разгрузчик, после чего захватываются поддоны. Затем разгрузчик движется назад, вытягивает из прессы поддоны с плитами и передает их на консольные рольганги разгрузочной этажерки 7, конструктивно не отличающейся от этажерки 2. При разгрузке этажерка 7 опускается на один шаг; при этом поддон с плитами переходит на выгрузочный транспортер, где с поддона вакуумприсосным краном снимается изделие. Затем поддон транспортерами возвращается к месту загрузки.

Плиты 8 в нерабочем состоянии прессы опираются на специальные ступенчатые опоры, установленные вертикально по бокам прессы. Расстояние между ступенями опор принимается с учетом толщины плиты прессы и требуемого просвета между ними. Опоры

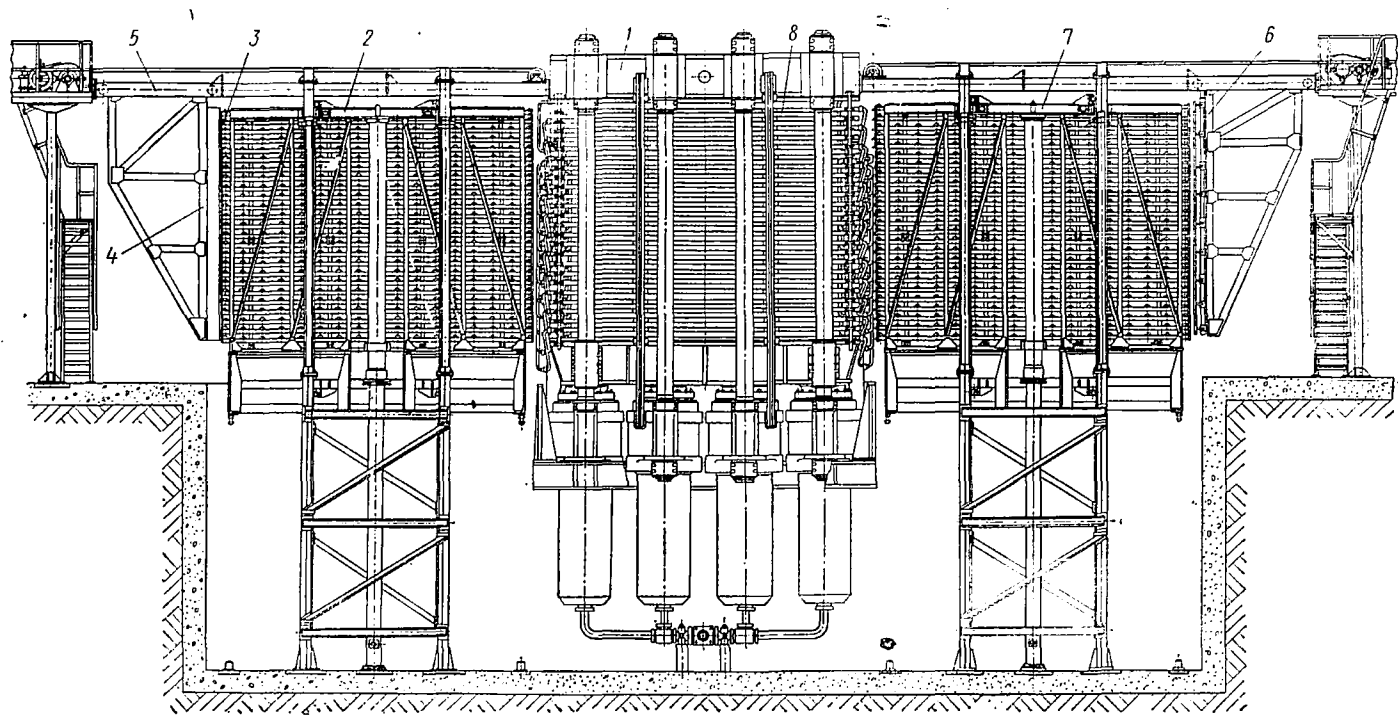


Рис. 45. Многоэтажный гидравлический пресс

рами плит являются кронштейны, прикрепленные к продольным торцам плит болтами; при этом каждый последующий кронштейн, считая сверху, короче предшествующего.

§ 6. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПРЕССЫ И ЛИНИИ

Для прессования изделий из терморепактивных материалов пользуются гидравлическими автоматическими прессами. За один рабочий цикл пресс-автомат производит следующие операции: загрузку материала в пресс-форму; первое замыкание пресс-формы; приоткрывание пресс-формы для выпуска газов (подпрессовка); окончательное замыкание пресс-формы и прессование изделий под высоким давлением; разъем пресс-форм; удаление изготовленных изделий.

Оборудование для автоматического прессования изделий бывает двух видов: единый агрегат для таблетирования, нагревания, прессования и поточная автоматическая линия, в которую входят таблеточная машина, высокочастотный нагреватель, пресс и транспортные устройства.

Гидравлические прессы-автоматы в зависимости от количества операций, выполняемых за один цикл, подразделяются на однооперационные — с питанием таблетками; двухоперационные (для таблетирования и последующего прессования изделий без подогревания таблеток и для нагревания готовых таблеток и прессования); трехоперационные — для таблетирования, нагревания таблеток т. в. ч. и прессования изделий; четырехоперационные — для таблетирования, нагревания таблеток, прессования и механической обработки изделий.

На рис. 46 показан однооперационный пресс-автомат с питательным устройством шиберного типа. Пресс имеет станину 1, главный гидроцилиндр с дифференциальным плунжером 2, неподвижную 3 и подвижную 4 плиты. Индивидуальный гидропривод состоит из насоса с электродвигателем 5, резервуара 6 для масла, клапана предварительного заполнения 7, регулятора 8 давления масла, панели управления 9, манометров 10 и главного выключателя 11.

Пуансон и матрица нагреваются электронагревательными элементами. Температура матрицы и пуансона регулируется двумя терморегуляторами 12. Питательное устройство состоит из бункера 13 и шиберной плиты 14, передвигающейся по горизонтальным направляющим 15, установленным над матрицей 16 пресс-формы.

Цикл работы прессы начинается с загрузки пресс-формы. Изделие прессуется при опускании плунжера с подвижной плитой и пуансоном. Цикл технологических операций контролируется реле времени 17.

Готовые изделия выталкиваются трансферным цилиндром 18 через систему рычагов 19. Конструкция и работа трансферного

цилиндра показаны на рис. 54. Отпрессованные изделия стелкиваются шиберной плитой 14 в тару.

Кроме шиберного устройства для загрузки порошкообразного или гранулированного материала применяют загрузочные устройства шлангового типа.

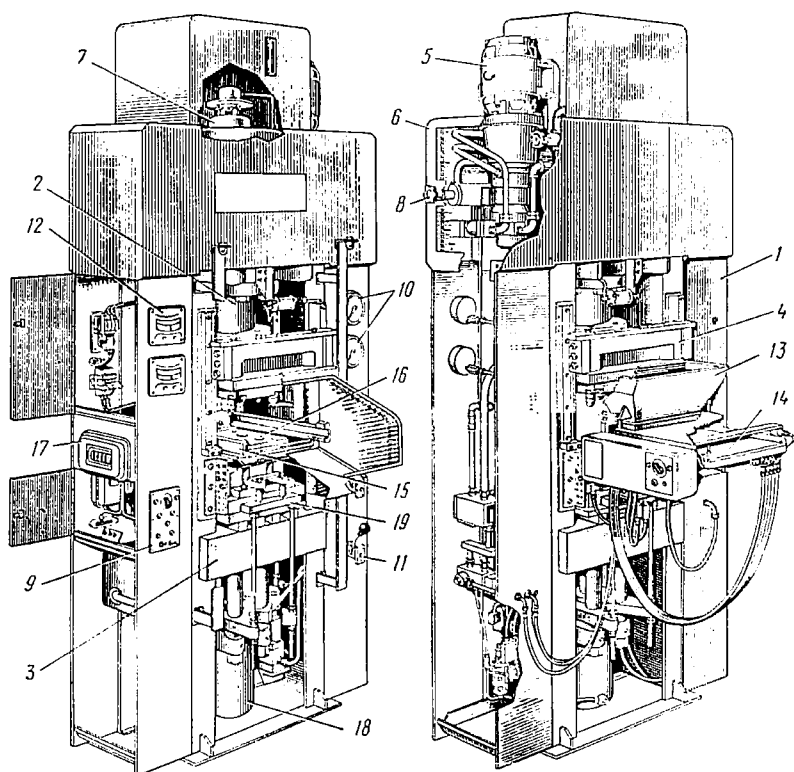


Рис. 46. Однооперационный пресс-автомат

К недостаткам однооперационных прессов следует отнести небольшую точность загрузки, весовой метод контроля изготовленных изделий при малой их массе, отсутствие предварительного подогрева материала.

На рис. 47 показан гидравлический автоматических пресс с оригинальным гидромеханическим механизмом запирания плит. При раскрытой пресс-форме (положение, показанное на рисунке) верхняя плита 1 повернута под углом $\frac{\pi}{4}$ рад по отношению к нижней плите 2. Движение верхняя плита получает от гидроцилиндра 3 через главную рейку 4 и шестерню 5, сидящую на валу 6. Верхняя плита становится в горизонтальное положение и фиксируется запирающим выступом 7. Затем шестерни, сидящие на валу 6,

продолжая поворачиваться, приводят в движение рейку 8 запорного устройства, с которой связаны запирающие клинья 9, препятствующие раскрытию формы при прессовании. Нижняя плита поднимается при помощи гидроцилиндра, расположенного в нижней части прессы.

Готовое изделие выталкивается из формы при помощи пневмоцилиндра 10, установленного на верхней плите. Форма прикрывается решеткой 11 с противовесом 12; перемещается решетка от пневмоцилиндра.

Цикл начинается с подачи пара в раскрытую пресс-форму. Подача пара для обогрева регулируется через клапан 13. Далее реле выдержки под давлением пускает двигатель 14, при помощи которого прикрываются клапаны 15, выключается паровой обогрев и включается водяное охлаждение. После охлаждения изделий форма раскрывается, и цикл повторяется.

Для прессования резбовых изделий из фенопластов и амниопластов применяют четырехрядный пресс-автомат (рис. 48). Агрегат состоит из четырех параллельно действующих механических кулачковых прессов, смонтированных на общей раме 1 и имеющих общий привод. На прессе установлены четыре одногнездные пресс-формы, состоящие из матрицы 2 и пуансона 3.

Сила прессования передается пуансону от электродвигателя, расположенного сзади прессы, через систему зубчатых передач 4, эксцентрики 5, ползун 6 и тарельчатые пружины 7. Эксцентрики вращаются в разные стороны и являются зеркальным изображением друг друга. На пуансоне имеется резьбовое соединение, позволяющее регулировать длину его в зависимости от высоты формы. Материал загружается в формы из отдельных бункеров 8 с помощью поршневых дозаторов 9. После прессования готовые

детали вывинчиваются из матриц резиновыми дисками 10 за счет фрикционного сцепления. Диски установлены на вертикальных валах 11 и получают вращение от распределительного валика 12 через конические зубчатые передачи 13. Отпрессованные изделия выталкивателями 14 направляются по лоткам 15 в сборные бункера 16. Формы снабжаются верхними и нижними электронагревателями. Температура форм регулируется биметаллическими терморегуляторами 17. Контрольная и пусковая аппаратура пресса смонтирована в отдельном шкафу 18, на панели которого расположены кнопки управления работой агрегата. Продолжительность отдельных операций цикла прессования можно регулировать при помощи реле времени 19.

Производительность автоматического пресса

$$V_m = \frac{GK\eta}{t},$$

где G — масса одного изделия в кг; k — количество изделий в одной запрессовке; $\eta = 0,8 \div 0,9$ — коэффициент использования машинного времени; t — время автоматического прессования (в с), зависящее от продолжительности: опускания и подъема подвижной плиты подпрессовки с учетом пауз между ними выдержки, подъема выталкивателя, съема отпрессованных деталей, обслуживания пресс-формы, загрузки пресс-формы, коэффициента совмещения операций.

Для прессования изделий с толщиной стенок 10 мм и более применяют автоматические прессовые линии с выносными пресс-формами.

Установка состоит из горизонтально-замкнутого шагового конвейера 1 (рис. 49), по которому с определенным циклом перемещаются пресс-формы 2, двух прессов, один 3 из которых служит для раскрытия пресс-форм, а другой 4 для их закрытия, и вспомогательных механизмов выталкивания 5, съема изделия, очистки и смазки гнезд, установки арматуры, загрузки пресс-материала 6.

Работа установки происходит в следующей последовательности. В позиции раскрытия пресс-форма с запрессованными в ней изделиями 7 становится под раскрывающий пресс 3, ползун

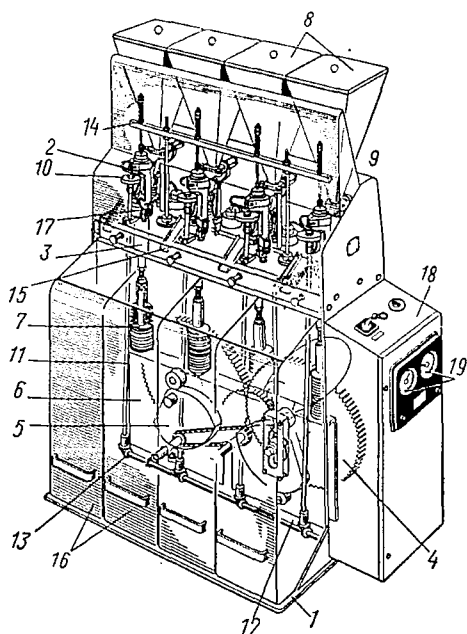


Рис. 48. Четырехрядный пресс-автомат

которого нажимает на верхнюю плиту пресс-формы, сжимает при этом тарельчатые пружины 8 и раскрывает боковые захваты пресс-формы 9. Рычаги 10 ползуна пресса подхватывают верхнюю плиту 11, и при ходе вверх пресс-форма раскрывается. В верхней точке хода рычаги освобождают плиту, и пресс-форма остается в раскрытом положении.

Раскрытая пресс-форма перемещается по конвейеру на один шаг и становится на позицию разгрузки, где с помощью шпилек 12 и выталкивателя 5, установленного под конвейером, изделия подаются на линию разъема пресс-формы. Одновременно в сво-

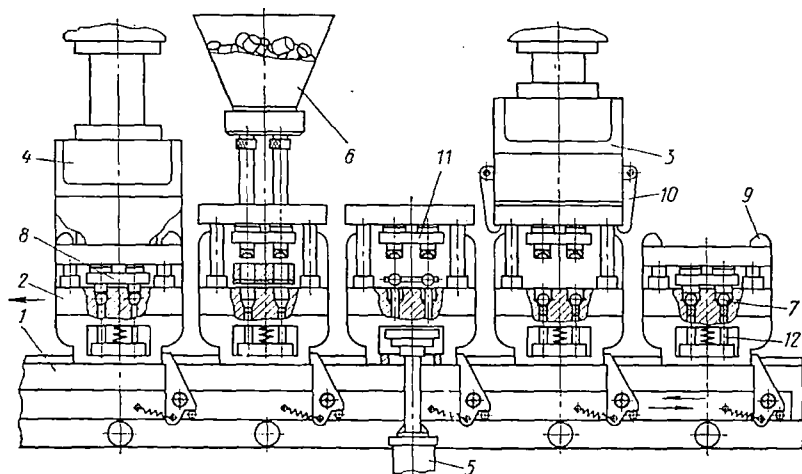


Рис. 49. Автоматическая прессовая линия с выносными пресс-формами

бодную зону между верхней и нижней частями пресс-формы входит вилка съемника для съема изделия, после чего выталкиватель возвращается в исходное положение.

Пресс-форма переходит в позицию очистки, где гнезда очищаются от облоя, обдуваются сжатым воздухом и при необходимости смазываются.

В следующей позиции может быть предусмотрено бункерно-загрузочное устройство для установки в пресс-форму арматуры. Устройство должно иметь механизм ориентации деталей арматуры и механизм поштучной подачи и установки арматуры в гнезда пресс-формы, срабатывающей после того, как пресс-форма установится в данной позиции.

При переходе пресс-формы в позицию загрузки в ее разъем входит кассета с предварительно подогретыми таблетками. Затем дно кассеты открывается и пресс-материал проваливается в загрузочную камеру, а кассета возвращается в исходное положение.

Загрузочная пресс-форма переходит в позицию закрытия, где запрессовываются изделия (при необходимости — с подпрессовкой), и автоматически запирается.

Далее закрытая пресс-форма перемещается до конца первой линии конвейера, попадает на поперечный стол, транспортирующий ее на другую линию конвейера, и по замкнутому контуру возвращается в исходную позицию раскрытия, после чего цикл повторяется.

В процессе перемещения по конвейеру пресс-форм электродвигатели, встроенные в пресс-форму, получают питание от троллеи, установленной вдоль линии конвейера, через скользящие контакты. Установленное в каждой пресс-форме реле поддерживает заданную температуру, автоматически включая и отключая цепь нагревателей. Время перемещения пресс-формы по конвейеру в закрытом положении соответствует времени выдержки изделий под давлением. Таким образом, в установках автоматически выдерживаются основные параметры технологического режима, причем могут быть использованы все передовые приемы современной технологии — таблетирование, предварительный подогрев, подпрессовка и др.

Общее время технологического цикла одной пресс-формы

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{ц}} n_{\text{пр}}, \quad (133)$$

где $t_{\text{ц}}$ — ритм работы установки; $n_{\text{пр}}$ — количество пресс-форм в установке.

Часть этого времени (при прохождении технологических позиций) пресс-форма находится в раскрытом положении, причем, если раскрывающий и закрывающий presses работают синхронно, то открытой пресс-форма остается только половину времени нахождения в этих двух позициях. Поэтому общее время, в течение которого пресс-форма находится в открытом положении,

$$t_0 = t_{\text{ц}} (n_0 - 1),$$

где n_0 — количество операционных позиций конвейера.

Время выдержки изделий под давлением определится разностью общего времени цикла пресс-формы и времени, в течение которого она находится в открытом состоянии:

$$\left. \begin{aligned} t_{\text{выд}} &= T_{\text{ц}} - t_0 \\ t_{\text{выд}} &= t_{\text{ц}} [n_{\text{пр}} - (n_0 - 1)]. \end{aligned} \right\} \quad (134)$$

Количество гнезд выносной пресс-формы

$$k = \frac{P}{F_{\text{н}} \rho_{\text{уд}}}, \quad (135)$$

где P — сила пресса в Н; $F_{\text{н}}$ — площадь прессования одного изделия в м²; $\rho_{\text{уд}}$ — удельное давление прессования в Н/м².

Производительность установки с выносной пресс-формой (с учетом изготовления деталей одной номенклатуры)

$$m_t = \frac{k[n_{\text{пр}} - (n_0 - 1)] V \rho}{t_{\text{выд}}}. \quad (136)$$

Для многономенклатурной установки, изготовляющей несколько различных изделий, производительность

$$m_t = \frac{\rho \sum k_i n_i V_i}{n_{\text{пр}}} \left[\frac{n_{\text{пр}} - (n_0 - 1)}{t_{\text{выд}}} \right], \quad (137)$$

где V — объем одного изделия в м^3 ; ρ — плотность материала в $\text{кг}/\text{м}^3$; k_i , n_i , V_i — количество гнезд, пресс-форм и объем по каждому виду одновременно обрабатываемых изделий.

Число позиций конвейера в установке с выносными пресс-формами

$$n_{\text{к}} = n_{\text{пр}} + 2.$$

Ориентировочная длина установки

$$L \approx \left(\frac{n_{\text{к}}}{2} - 1 \right) S + 2l,$$

где S — шаг конвейера; l — расстояние от оси крайней пресс-формы до края стола.

Роторные прессы. Недостатком рассмотренных выше прессов является плохое соотношение между машинным временем работы пресса и длительностью всего цикла, так как 90—95% времени расходуется на выстой в замкнутом или разомкнутом положении. Улучшить эти соотношения можно освобождением пресса от операций выдержки под давлением и передачи ее другим, более простым устройствам. Например, применяют роторные прессы-автоматы, предназначенные для компрессионного прессования. Роторные прессы делятся на револьверные (периодический поворот ротора на определенный угол) и ротационные (непрерывное вращение ротора).

На рис. 50, *a* показан роторный десятипозиционный пресс-автомат. Внутри станины 1 пресса расположены гидропривод и привод ротора. Ротор и кулачки управления приводятся электродвигателем 2 через вариатор 3. На верхней части ротора 4 устанавливаются пуансоны 5, а на нижней — матрицы 6. Поднимаются и опускаются матрицы соответственно гидроцилиндрами 7 и возвратными пружинами 8. Пресс загружается порошкообразным материалом из бункера 9 или таблетками с помощью дискового питателя 10. Питание к электронагревателям подводится через распределительный коллектор 11.

Пресс работает в следующей последовательности. Таблетка из дискового питателя по лотку 1 (рис. 50, *б*) через загрузочную воронку 2 попадает в матрицу 3 (позиция I). Затем происходит смыкание пуансона 4 и матрицы 3 (позиция II) и подпрессовка (позиции III—VIII), после чего изделие выдерживается под давлением, далее форма раскрывается для выпуска газа (позиция IX) (при этом отпрессованное изделие остается на резьбовой части пуансона), где патроном 5 съемно-свинчивающего устройства 6 свинчивается (позиция X), и изделие сбрасывается по лотку в тару.

Автоматические роторные линии. Применение роторных линий для прессования массовых изделий позволяет полностью автоматизировать процессы переработки пластмасс. Преимуществом такой линии является также легкость и удобство перенастройки при изменении ассортимента изделий. Роторная линия имеет несколько рабочих роторов, последовательно осуществляющих технологические операции (таблетирование, нагрев таблеток т. в. ч., прессование изделия и механическая очистка готового изделия от грата), а также транспортные роторы с захватами для передачи прессуемого изделия с одной позиции на другую. Готовое изделие выдается через определенный промежуток времени, в течение которого ротор поворачивается для

прессования изделия и механическая очистка готового изделия от грата), а также транспортные роторы с захватами для передачи прессуемого изделия с одной позиции на другую. Готовое изделие выдается через определенный промежуток времени, в течение которого ротор поворачивается для

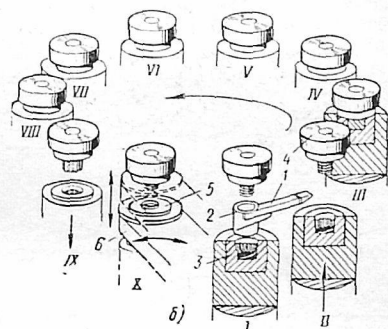
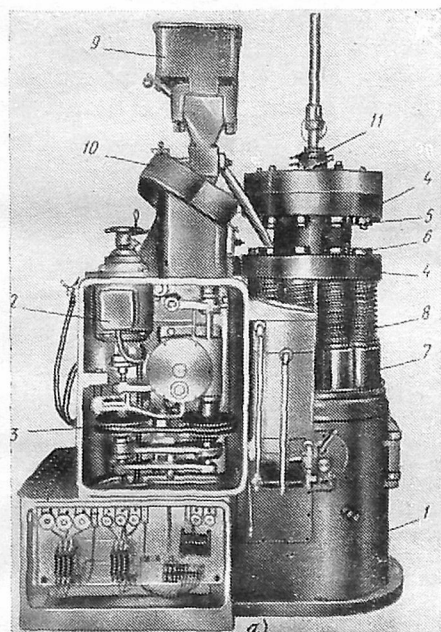


Рис. 50. Роторный пресс (а) и схема его работы (б)

смены очередного инструмента, независимо от времени, необходимого для выполнения того или иного технологического процесса. Следовательно, в роторной линии операции различной длительности введены в единый темп производительности потока.

На рис. 51 показана схема устройства роторной автоматической линии, предложенной Л. Н. Кошкиным. Линия состоит из пяти рабочих роторов (дозирования 1, таблетирования 2, нагревания таблеток 3 т. в. ч., прессования 4, снятия заусенцев 5) и двух транспортных роторов 6 и 7. Роторы вращаются от главного 8 и вспомогательного 9 электродвигателей через клиноременные передачи 10 и редукторы 11. Гидравлические приводы включают насосы высокого и низкого давления, бак для масла с коммуникациями, золотники управления и фильтры. Материал из бункера 12 попадает в ротор дозирования, который имеет четыре объемные полости для отмеривания порции порошков.

Помимо вращательного движения диск ротора подвергается вибрации для уплотнения порошка и стабилизации массы порций. Далее порция порошка попадает в ротор таблетирования, который состоит из вала, барабанов со штоками и блок-держателей с установленными на них четырьмя блоками. Блок таблетирования имеет комплект рабочего инструмента, заключенного в едином корпусе. Рабочие ходы инструментов при таблетировании совершаются от гидравлического привода, а обратные ходы — от радиальных копиров, установленных в барабанах ротора.

Готовые таблетки поступают в ротор нагревания т. в. ч., представляющий собой вращающийся диск с неподвижно закрепленной над ним пластиной, подключенной к генератору ТВЧ. Таб-

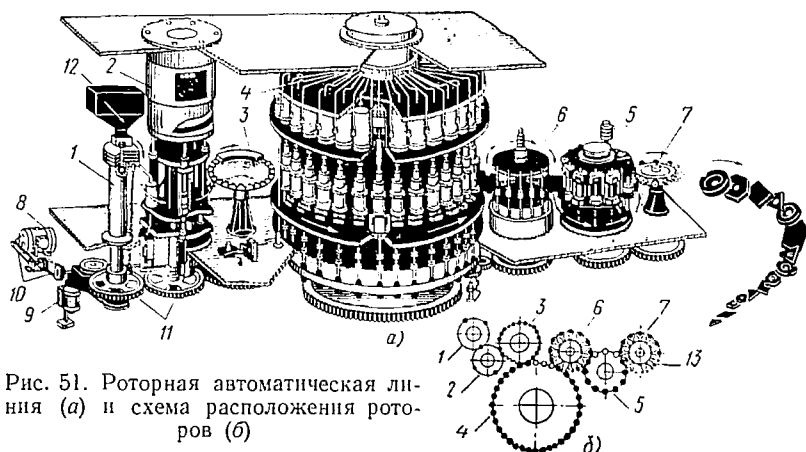


Рис. 51. Роторная автоматическая линия (а) и схема расположения роторов (б)

летки, подаваемые на диск при его вращении, нагреваются до определенной температуры и затем попадают в ротор прессования (рис. 52), который состоит из барабана 1 с дисками 2 и 3. На верхнем диске укреплены гидроцилиндры 4 с поршнями 5. На нижнем диске установлены блоки прессования, представляющие собой корпус 6, в котором смонтированы матрица 7, нижний 8 и верхний 9 пуансоны и нагреватели 10. В нижней части ротора имеется кольцо 11 с ползуном 12 и стойкой 13 с радиальным копиром, управляющим движением пуансона 8. Ротор смонтирован на неподвижной колонне 14 и опирается на три ролика 15. Приводится ротор от электродвигателя через шестерню 16. Электроэнергия для нагревания пресс-формы в блоки прессования подводится через неподвижные кольцевые шины 17 и щетки 18. Температура пресс-формы контролируется и регулируется терморпарой 19.

Отпрессованное изделие выталкивается нижним пуансоном и транспортным ротором 6 (рис. 51, б) подается в ротор снятия заусенцев, где шток поднимает изделие к вибрирующему инструменту. После снятия заусенцев изделие передается на другой транспортный ротор, завершающий линию. Транспортные роторы

состоят из вращающихся барабанов с укрепленными на них несущими органами-клещами 13, предназначенными для переноса изделий с одного рабочего ротора на другой.

Производительность роторной линии

$$V_t = Vkni, \quad (138)$$

где k — число комплектов однотипных пресс-форм; i — число потоков; $n = \frac{\alpha}{360t}$ об/с — скорость вращения ротора прессования; α — угол поворота; t — продолжительность технологического цикла; V — объем изделия в м³.

§ 7. ПРЕССЫ ДЛЯ ТРАНСФЕРНОГО ПРЕССОВАНИЯ

Метод трансферного прессования является одним из лучших для прессования термореактивных материалов. По продолжительности цикла прессования он приближается к методу литья под давлением. Однако трансферное прессование отличается от метода литья под давлением тем, что форма все время нагрета до температуры прессования и изделия из отвержденных термореактивных материалов можно выталкивать из форм без охлаждения. Кроме того, процесс отверждения протекает непрерывно. В качестве сырья наиболее широко применяют фенолформальдегидные и меламиноформальдегидные смолы, в меньшей степени — карбидные и полиэфирные.

Трансферное прессование может быть двух видов: с передаточной камерой и со вспомогательным плунжером.

Принцип трансферного прессования с передаточной камерой (рис. 53) состоит в том, что материал загружается в передаточную камеру 1, где он подогревается и поршнем 2 через канал А нагнетается в пресс-форму 3.

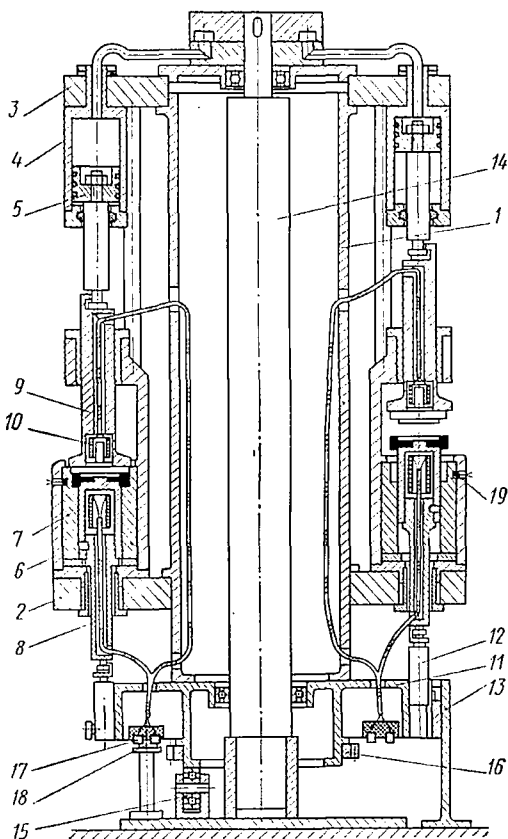


Рис. 52. Ротор прессования

Трансферное прессование с вспомогательным плунжером является более прогрессивным и заключается в том, что один или несколько плунжеров (находящихся в камере небольшого диаметра) нагнетают материал в пресс-форму через очень узкий литниковый канал, и в результате трения о стенки канала материал дополнительно нагревается, что ускоряет процесс отверждения.

Изделия способом трансферного прессования изготавливают на гидравлических прессах-автоматах с нижним гидроцилиндром 18 (см. рис. 46) для нагнетания пластичного материала.

Цилиндр представляет собой сварной корпус 1 (рис. 54), внутри которого находится гидроцилиндр

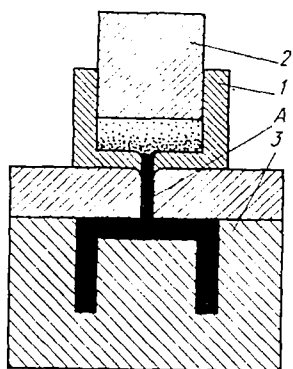


Рис. 53. Схема работы пресса для трансферного прессования с передаточной камерой

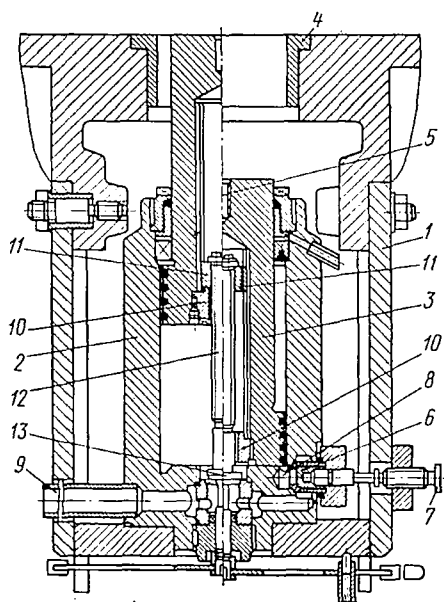


Рис. 54. Гидроцилиндр для трансферного прессования

2 с поршнем 3. В верхней части корпуса имеется втулка 4, в нее вмонтирован трансферный цилиндр с поршнем и электрообогревом. Поршень трансферного цилиндра соединен с поршнем 3 с помощью резьбового отверстия 5. При впрыске материала клапан 6 закрыт и давление гидроцилиндра возрастает примерно в 15 раз.

При работе цилиндра, как выталкивателя, силу выталкивания устанавливают рукояткой 7 регулятора давления. При этом масло, нагнетаемое в полость 8 насосом, поступает в гидроцилиндр 2, поднимая поршень 3. Часть масла проходит через зазор между клапаном 6 и его седлом и поступает на слив через патрубок 9, предупреждая повышение давления в цилиндре. При поднятии поршня 3 в верхнюю точку гайки 10 и 11 сомкнутся, а тяга 12 с клапаном 13 поднимется, и масло из цилиндра 2 пойдет на слив.

Выталкиватель пресс-формы соединяется с поршнем 3 при помощи резьбового отверстия 5.

К основным преимуществам трансферного прессования относится возможность изготовления изделий сложной конфигурации, высокая точность изготавливаемых деталей, легкость прессования композиций с тканевыми наполнителями, сокращение цикла прессования, резкое снижение брака изделий, низкая стоимость форм и последующей механической обработки. Основным недостатком этого метода заключается в необходимости применения большого давления, в 3 раза превышающего давление компрессионного прессования.

§ 8. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

При проектировании гидравлических прессов рассчитывают основные параметры гидроцилиндров. К основным параметрам относятся номинальные давления, диаметры цилиндра, поршня, штока, плунжера и т. п. [19].

Номинальную силу P_n определяют по формуле

$$P_n = p_n \frac{\pi D^2}{4}, \quad (139)$$

где p_n — номинальное (расчетное) давление рабочей жидкости в Н/м^2 ; D — диаметр главного плунжера пресса в м.

Эффективную силу P пресса с верхним расположением главного цилиндра находят по формуле

$$P = p \frac{\pi D^2}{4} - G - \sum T - R, \quad (140)$$

где p — рабочее давление жидкости в Н/м^2 ; G — сила тяжести подвижных деталей пресса (главного плунжера, подвижной плиты и пуансона пресс-формы) в Н; $\sum T$ — суммарные потери на трение в уплотнениях главного и возвратных цилиндров в Н; R — потери силы пресса вследствие противодействия возвратных цилиндров в Н.

Сила подъема подвижной плиты пресса

$$P_n = p \frac{\pi d^2 n_{\text{ц}}}{4} - \sum T - R_1 - G, \quad (141)$$

где $n_{\text{ц}}$ — количество возвратных цилиндров; d — диаметр возвратного плунжера в м; R_1 — потери силы возвратных цилиндров вследствие противодействия главного цилиндра в Н.

Если пресс оснащен главным цилиндром с дифференциальным плунжером и не имеет ретурных цилиндров, то силу подъема определяют по формуле

$$P_n = p \frac{\pi (D^2 - D_{\text{ш}}^2)}{4} - \sum T_1 - R_1 - G, \quad (142)$$

где $D_{ш}^2$ — диаметр штока главного плунжера в м; $\sum T_1$ — суммарные потери на трение в уплотнениях главного цилиндра в Н.

Сила подъема выталкивателя при наличии дифференциального плунжера

$$P_{п.в} = p \frac{\pi D_{в}^2}{4} - \sum T_{в} - R_{в.ш} H, \quad (143)$$

где $D_{в}$ — диаметр рабочей части выталкивающего плунжера в м; $\sum T_{в}$ — суммарные потери на трение в уплотнениях выталкивающего цилиндра в Н; $R_{в.ш}$ — потери силы выталкивателя вследствие противодействия в штоковой полости выталкивателя в Н.

Сила опускания выталкивателя

$$P_{о.в} = p \frac{\pi (D_{в}^2 - d_{ш}^2)}{4} - \sum T_{в} - R_{в.р} H, \quad (144)$$

где $d_{ш}$ — диаметр штоковой части выталкивателя в м; $R_{в.р}$ — потери силы опускания выталкивателя вследствие противодействия в рабочей полости выталкивателя в Н.

Если применяют уплотнения из кожаных манжет, то потери на трение составляют

$$T = \pi D h p f,$$

где h — высота соприкосновения манжет с плунжером в м; f — коэффициент трения материала манжет и плунжера (0,006—0,008 для кожи и 0,01—0,02 для резины).

Если уплотнения состоят из манжет из пластифицированного поливинилхлорида, то

$$T = \pi D h f (q + p)^{0.6},$$

где $f = 0,35 \div 0,45$ — коэффициент трения; $q = 1 \div 2$ МН/м² — контактное давление от предварительного натяга манжет.

Сила противодействия в возвратных цилиндрах (или штоковой полости главного цилиндра)

$$R = p \frac{\pi d^2 n_{пл}}{4} + T, \quad (145)$$

где d — диаметр возвратного плунжера в м; $n_{пл}$ — количество возвратных плунжеров; T — потери на трение в уплотнениях возвратных цилиндров в Н.

Потери на трение в набивочных уплотнениях

$$T = \pi d K h_y,$$

где d — диаметр плунжера в м; h_y — высота уплотнения в м; $K = 40 \div 130$ кН/м² — давление, зависящее от затяжки сальника.

Скорость v перемещения поршня зависит от количества жидкости Q , поступающей в рабочую полость цилиндра, и от рабочей площади поршня.

При рабочем ходе

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi D^2}, \quad (146)$$

здесь D — диаметр поршня (плунжера).

При холостом ходе

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)}, \quad (147)$$

где d — диаметр штока.

Если цилиндр одноштоковый, отношение скоростей прямого и обратного хода

$$\frac{v_1}{v_2} = 1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2.$$

При малых значениях $\frac{d}{D}$ различие в скоростях незначительно.

По мере увеличения отношения $\frac{d}{D}$ скорость обратного хода поршня увеличивается, что позволяет использовать цилиндры с дифференциальным плунжером для получения быстрых холостых перемещений при малой производительности насоса.

Отношение $\frac{d}{D}$ принимают в зависимости от рабочего давления p :

p в МН/м ²	1,5	5	10
$\frac{d}{D}$	0,3—0,35	0,5	0,7

Приблизительно диаметр цилиндра можно определить по формуле

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{k_1 P_H}{0,785 \{p_1 - p_2 [1 - (\frac{d}{D})^2]\}}}, \quad (148)$$

где $k = 1,6 \div 2$ — коэффициент запаса; p_1 — давление рабочей жидкости в рабочей полости; $p_2 \approx 0,1 p_1$ — противодействие.

Более точно размеры цилиндра можно определить по формуле Баха:

$$R_{ц} = r_{ц} \sqrt{\frac{[\sigma_p]_{II} + 0,4p}{[\sigma_p]_{II} - 1,3p}}, \quad (149)$$

где $[\sigma_p]_{II}$ — наибольшее допускаемое напряжение растяжения в стенке цилиндра в Н/м².

Наибольшее напряжение у внутренней стенки цилиндра по формуле Баха:

$$\sigma_{вн} = p \frac{0,4r_{ц}^2 + 1,3R_{ц}^2}{R_{ц}^2 - r_{ц}^2},$$

где $R_{ц}$, $r_{ц}$ — наружный и внутренний диаметры цилиндра в м.

Колонны пресса для переработки пластмасс подвержены только растягивающим силам.

Расчетная сила P_k для колонн

$$P_k = K_k \frac{P_n}{n_k},$$

где P_n — номинальная сила пресса в Н; $K_k = 1,15 \div 1,25$ — коэффициент, учитывающий предварительную затяжку гаек колонн; n_k — количество колонн.

Резьбу колонн и гаек проверяют на срез и смятие.

Наиболее нагруженными частями пресса являются станина, подвижная плита, нижняя плита, главный и выталкивающий цилиндры.

Глава V. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦИИ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Термопластичные материалы поставляются на заводы переработки в виде гранул или порошка в зависимости от того, что это за материалы и для каких процессов переработки они предназначены. Гранулами называются однородные зерна с преобладающим размером в поперечнике 3 мм.

Преимущества гранулировочных материалов перед порошкообразными заключаются в удобстве обращения с ними, в транспортировании, в отсутствии запыленности рабочих мест и помещений, уменьшении потерь материалов, а также в более простой конструкции загрузочных устройств и более высокой производительности оборудования.

Гранулы должны быть одинаковых размеров и формы, без острых углов и включений воздушных пузырьков, по возможности иметь наибольший насыпной вес и хорошую сыпучесть.

В зависимости от способа изготовления гранулы могут быть кубической, цилиндрической, эллипсоидной и шарообразной формы. Идеальной формой гранул является шарообразная, однако получение таких гранул весьма затруднено. В основном применяют гранулы: эллипсоидные, полученные резкой горячих жгутов в момент выхода из их решетки оформляющей головки червячного пресса; цилиндрической и кубической формы, полученные резкой охлажденных жгутов, выдавливаемых через решетку оформляющей головки червячного пресса; неопределенной формы, полученные в роторно-ножевой или молотковой дробилках.

Гранулы эллипсоидной формы являются наиболее качественными, дешевыми, они имеют наибольший насыпной вес, обладают хорошей сыпучестью, быстро сохнут после промывки охлаждаю-

щей водой. Кроме того, при резке расплавленных нитей на гранулы непосредственно у решетки требуется меньшая мощность для привода ножей, что повышает стойкость и долговечность их режущих кромок, а также сокращается время на перестройку и наладку гранулятора.

При грануляции полиэтилена высокого давления гранулы достаточно хорошо охлаждаются струей воздуха. При грануляции полиэтилена низкого давления воздушного охлаждения недостаточно, так как гранулы сливаются в комки, намазываются на ножи и решетку. Поэтому расплавленные нити полиэтилена следует резать при большой угловой скорости ножей и интенсивном водяном охлаждении.

Грануляторы по технологическому признаку классифицируются на четыре основные группы: для резки горячих прутков термопластов, для резки предварительно охлажденных прутков термопластов, для получения гранул из листового термопласта, для переработки отходов термопластов.

По конструктивным признакам грануляторы можно подразделить на два класса: специальные машины—грануляторы и грануляторы, созданные на базе машин для непрерывного выдавливания термопластов.

§ 2. ГРАНУЛЯТОРЫ ДЛЯ РЕЗКИ ПРУТКОВ И ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Агрегат для грануляции поливинилхлорида, полиэтилена и полипропилена показан на рис. 55. В агрегат входит двухчервячная машина 1 непрерывного выдавливания, оформляющая головка с гранулирующим устройством 2, виброгрохот 3, водоциркуляционная установка 4, червячный питатель 5 для подачи стабилизатора и загрузочного устройства 6.

Принцип грануляции на данной установке заключается в том, что горячие нити полимера, продавливаемые червяками через калиброванные отверстия решетки (фильеры), срезаются быстро вращающимися ножами. Благодаря большой окружной скорости ножа, достигающей 20 м/с, гранулы не успевают слипаться и центробежной силой отбрасываются к стенкам кожуха, омываемого охлаждающей водой.

В полости кожуха создается водяная пыль, поэтому гранулы покрываются водяной пленкой. Вместе с водой гранулы падают в поддон вибрационного сита, где задерживаются решеткой, вода же сливается в приемный бак насосной установки.

Вследствие колебательного движения сита гранулы постепенно перемещаются по днищу сита, как бы со ступеньки на ступеньку, вверх.

Влага с поверхности гранул испаряется за счет их внутреннего тепла и интенсифицируется благодаря продуваемому через лоток сита воздуху.

Двухчервячный кулачковый гранулятор (рис. 56) имеет станну 1 и цилиндр 2, внутри которого расположены два составных червяка с червячными 3 и кулачковыми 4 секциями. Цилиндр снабжен электрообогревательными элементами, системой воздушного охлаждения и патрубками 5 для вакуумного отсоса газов. Охлаждается цилиндр воздухом, подаваемым вентиляторами 6 с индивидуальными приводами. Червяки вращаются от электродвигателя 7 через редуктор 8. Осевые силы червяков воспринимаются упорными подшипниками 9. Материал из бункера 10

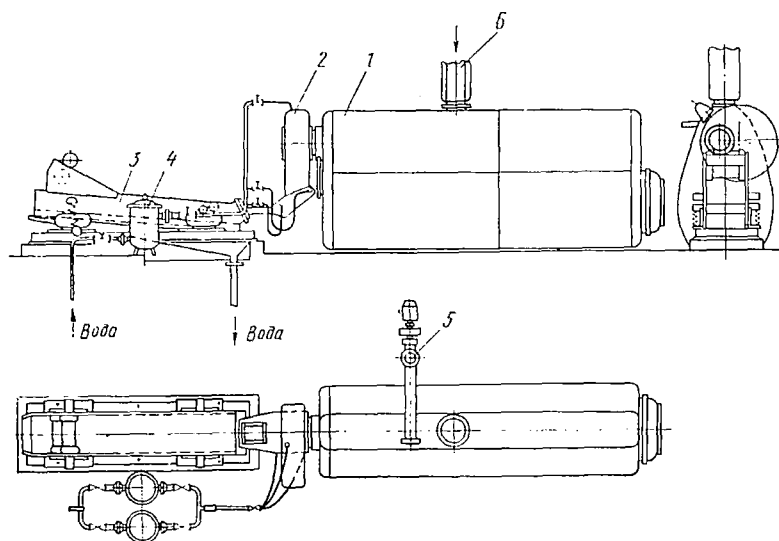


Рис. 55. Агрегат для грануляции поливинилхлорида

к червякам подается трехлопастной мешалкой 11. Гомогенизированный материал выдавливается в виде бесконечных прутков через оформляющую головку 12.

Оформляющую (гранулирующую) головку (рис. 57, а) крепят к червячному прессу откидными болтами 1. В корпус 2 головки вмонтирован стакан 3, выполненный за одно целое с профилирующей решеткой. Диаметр отверстий А в зависимости от требуемого размера гранул может быть 1,5—4 мм.

Отверстия с внутренней стороны решетки раззенкованы и разделены в виде сот, поэтому плоские вертикальные стенки в промежутках между отверстиями отсутствуют, а перемешивающее действие эксцентричных наконечников 4 червяков обеспечивает непрерывное течение расплава полимера через решетку, исключая образование «мертвых зон» и застоя расплава. Наружная поверхность решетки обогревается кольцевым электронагревателем 5, температура корпуса контролируется при помощи датчиков 6 термопары.

К корпусу головки прикреплен стакан 7, в котором на подшипниках качения смонтирован шпиндель 8. На шпиндель надет ротор 9, закрепленный фасонной резьбовой пробкой 10. На каждом конце лопастей ротора расположен плоский нож 11, скрепленный планкой 12 (рис. 57, б) и винтами 13. Нож перемещается винтом 14 через угловую планку 15, соединенную с ножом двумя контрольными штифтами 16. Винты 17 служат для создания равномерного зазора между плоскостью решетки червячного пресса и лезвием ножа. Величина этого зазора должна быть в пределах 0,08—0,15 мм. Зазор регулируют перемещением с помощью ру-

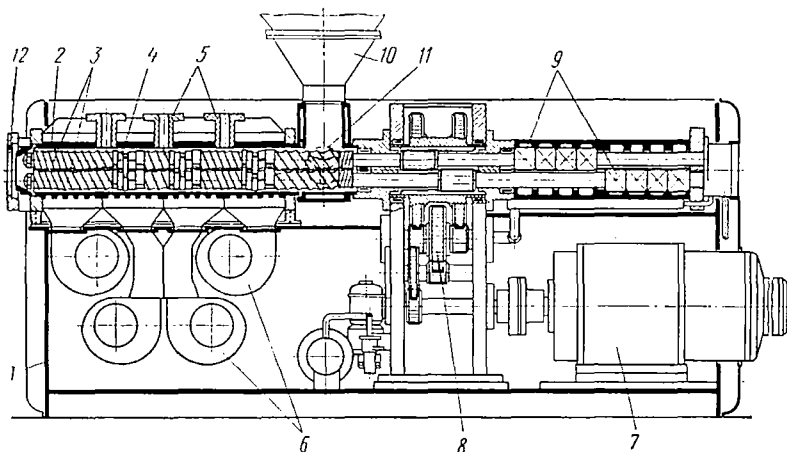


Рис. 56. Двухчервячный гранулятор

кюпки 18 (см. рис. 57, а) механизма резания со шпинделем 8 параллельно оси червяков. Шпиндель с ножами приводится от электродвигателя постоянного тока.

Гранулирующая головка закрыта кожухом из нержавеющей стали, соединенным шарнирно с корпусом червячного пресса. Кожух внутри отполирован и не имеет выступающих частей во избежание налипания гранул. Снизу имеется наклонный поддон для отвода гранул в приемник. Стенки кожуха омываются водой, распыляемой форсунками. Зона резания отделена от остальной части головки переборкой с уплотняющим диском: зона резания освещена и доступна для осмотра через окно, расположенное в торце кожуха.

Приемник (рис. 58) предназначен для сушки гранул и выгрузки их в тару через бункер. Приемник представляет собой вибрационное сито, смонтированное на железобетонной раме совместно с приводом, вентиляционной установкой и резервуаром насосной станции.

Сито 1 изготовлено из хромоникельтитановой стали в виде неглубокого прямоугольного лотка и установлено на шарнирных

опорах с наклоном 15° и подпружиненно. В днище сита имеются треугольные выступы для стока воды, стравливаемой с гранул при вибрации, и удержания гранул от обратного скатывания вниз. Ситу сообщаются колебательные движения от кривошипно-шатунного механизма 2. Приводится сито от электродвигателя через клиноременную передачу, варнатор 3 и специальный редуктор с регулированием эксцентриситета. Нагнетаемый вентилятором 4 воздух, проходя через лоток, крышку вибрационного сита и отверстия для входа и выхода гранул, сушит и охлаждает гранулы.

Вода на промывку и охлаждение гранул по-

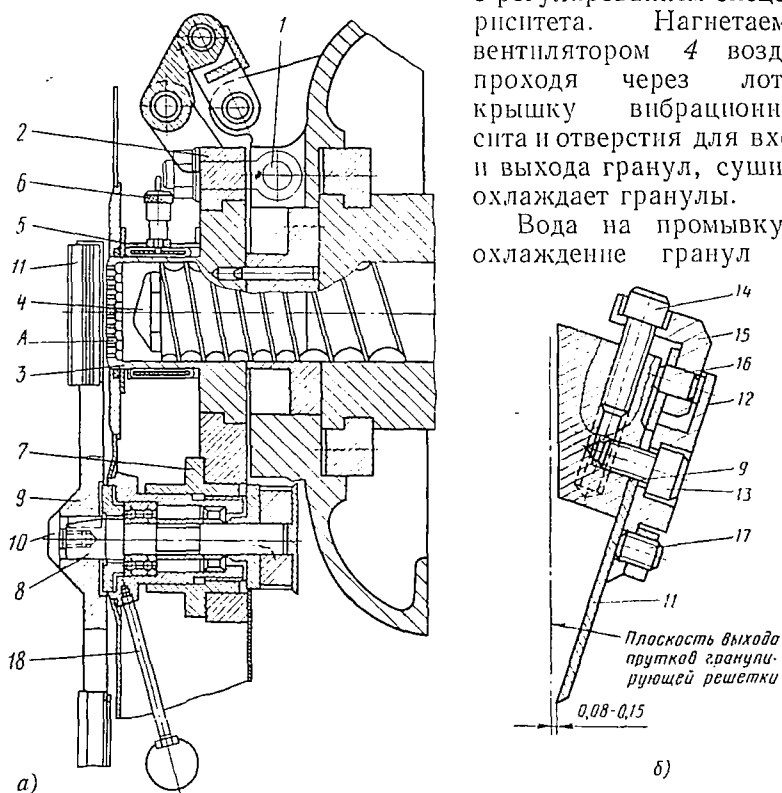


Рис. 57. Оформляющая гранулирующая головка

дается насосной установкой (рис. 59) по следующей схеме: из резервуара 1 центробежным насосом 2 через коллектор 3 вода подается в форсунки, установленные в кожухе гранулирующей головки; из кожуха вместе с гранулами поступает в поддон вибрационного сита, а оттуда по трубе 4 обратно в сборник.

Перед входом в распылители форсунок вода очищается в дисковом щелевом фильтре 5. Во время чистки дискового фильтра вода направляется через расположенный в кожухе гранулирующей головки запасной фильтр 6.

Насосная станция снабжена манометрами. Система охлаждения гранулирующей головки автономна и не связана с системой червячного пресса.

Установка для смешения и грануляции жесткого поливинилхлорида (рис. 60) состоит из турбосмесителя 1, смонтированного на раме 2 одночервячной машины 3, режущего механизма 4 с при-

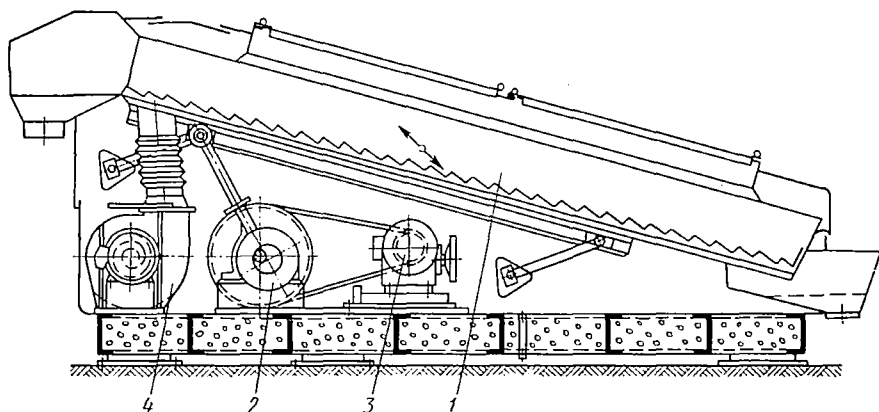


Рис. 58. Приемник гранул с водяным охлаждением

водом 5, устройства для охлаждения гранул и приемного устройства. Смола, стабилизатор, пластификатор, наполнитель и пигменты пневмотранспортом подаются в турбосмеситель, где при помощи лопастей 6 интенсивно смешиваются и диспергируются.

Затем материал по патрубку 7 подается в бункер 8 червячного пресса, откуда винтовым питателем 9 смесь подается в зону загрузки Д червячного пресса. Здесь материал захватывается червяком 10, затем сжимается в зонах Г и В, плавится в зоне Б, пластицируется в зоне А и транспортируется к головке 11. Червяк приводится от электродвигателя 12 через редуктор 13. Цилиндр 14 обогревается электрообогревателями 15, а охлаждается воздухом, подаваемым вентиляторами 16. Гомогенизированный расплав продавливается через перфорированный диск 17 и режется на гранулы быстро вращающимся ножом 18. Отрезанные гранулы по патрубку 19 падают в сборник 20, где охлаждаются воздухом, нагнетаемым вентилятором 21. Далее гранулы по патрубку 22 воздушным потоком, создаваемым вентилятором 23, передаются в приемник 24. Приемное устройство

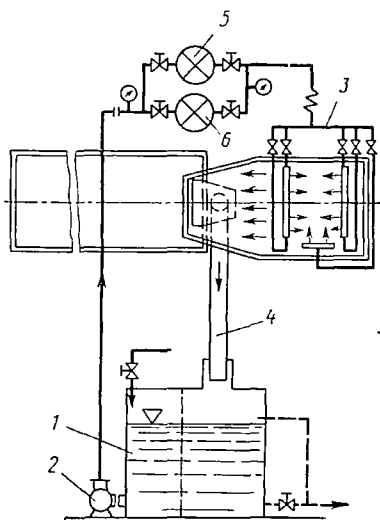
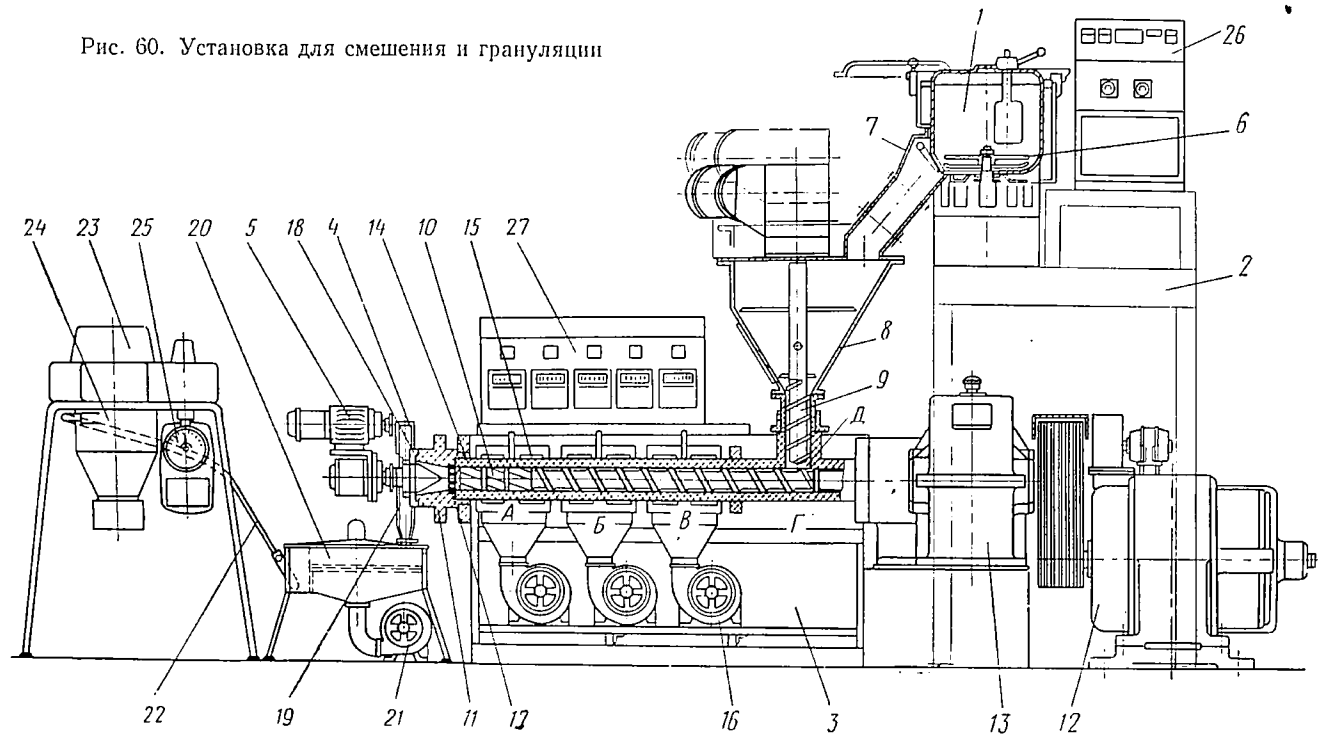


Рис. 59. Схема охлаждения грануляционной установки

Рис. 60. Установка для смешения и грануляции



имеет автоматические весы 25. Управление турбосмесителем вынесено на пульт 26, а червячным прессом — на пульт 27.

Одним из видов специальных грануляторов для резки горячих прутков являются машины, у которых прутки термопласта выдавливаются через радиальные отверстия в барабане оформляющей головки.

Гранулирующие механизмы могут выдавливать прутки как внутрь барабана, так и наружу. На рис. 61, а показана схема гранулирующего механизма для выдавливания прутков внутрь барабана. Материал захватывается зубьями вращающихся барабанов 1 и продавливается внутрь их через радиальные отверстия А. Гранулы под действием центробежной силы быстро отделяются и интенсивно охлаждаются в воздушном потоке. Затем

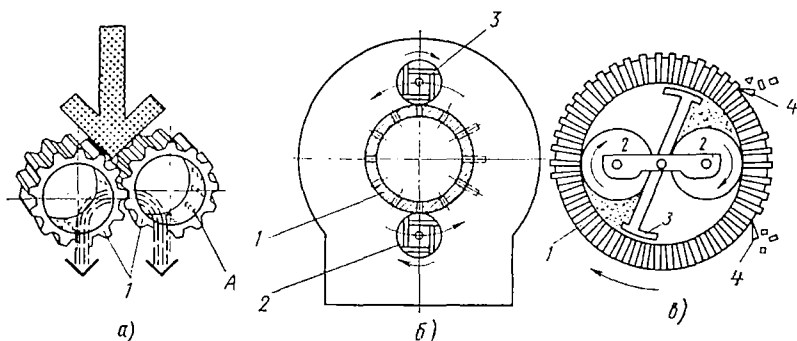


Рис. 61. Схемы гранулирующих механизмов для резки горячих прутков:

а — гранулятора барабанного типа; б — планетарного гранулятора; в — гранулятора для получения гранул кубической формы

зерна попадают в водяную ванну, и под влиянием внутренних напряжений форма поверхности их закругляется. Таким образом получают эллипсоидный или шарообразный гранулометрический состав зерен. На рис. 61, б показана принципиальная схема гранулирующего механизма планетарного гранулятора с непрерывным выдавливанием прутков термопласта наружу. Горячие прутки выдавливаются из головки 1 через радиальные отверстия. Вокруг головки вращается несколько роторов 2 с ножами 3, которые отрезают от прутка гранулы. Роторы вращаются вокруг оформляющей головки и вокруг собственной оси.

Для получения гранул кубической формы из полиэтилена применяется гранулятор, основной частью которого является механизм, показанный на рис. 61, в. Гранулирующий механизм состоит из головки 1, двух валков 2 и распределительного механизма 3. Материал поступает в осевом направлении, равномерно подается механизмом 3 к валкам, которые выдавливают материал через отверстия формы, затем прутки режутся ножами 4 на гранулы.

Грануляторы для резки предварительно охлажденных прутков. На предприятиях с частой сменой перерабатываемого материала

применяются главным образом грануляторы, производящие гранулы цилиндрической формы способом холодной резки (рис. 62). Выходящий из отверстий оформляющей головки 1 пучок из 20—40 нитей сначала охлаждается в ванне 2, а затем проходит по лен-

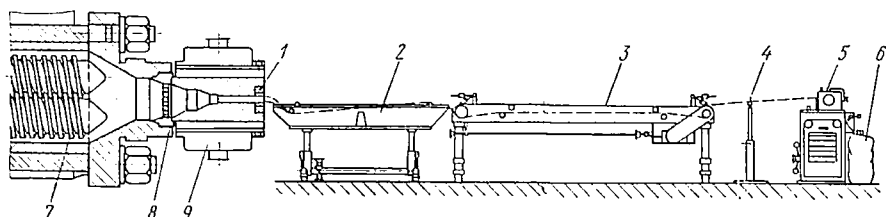


Рис. 62. Установка для резки предварительно охлаждаемых прутков

точному транспортеру 3, где одновременно подсушивается воздухом. Затем нити направляющей гребенкой 4 подаются в механизм резки 5, откуда гранулы по течеке поступают в тару 6. Червяками 7 термопластичный материал гомогенизируется, продви-

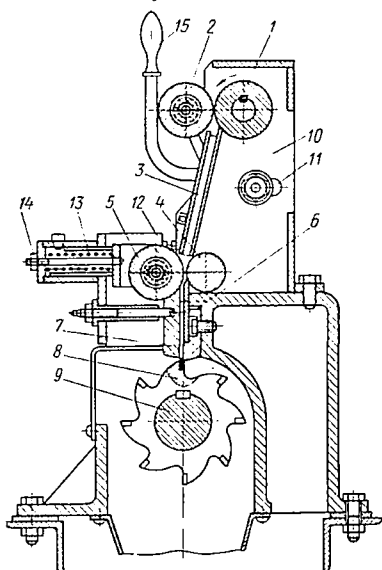


Рис. 63. Головка гранулятора

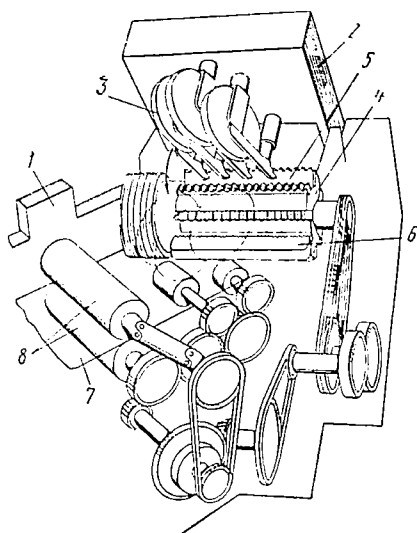


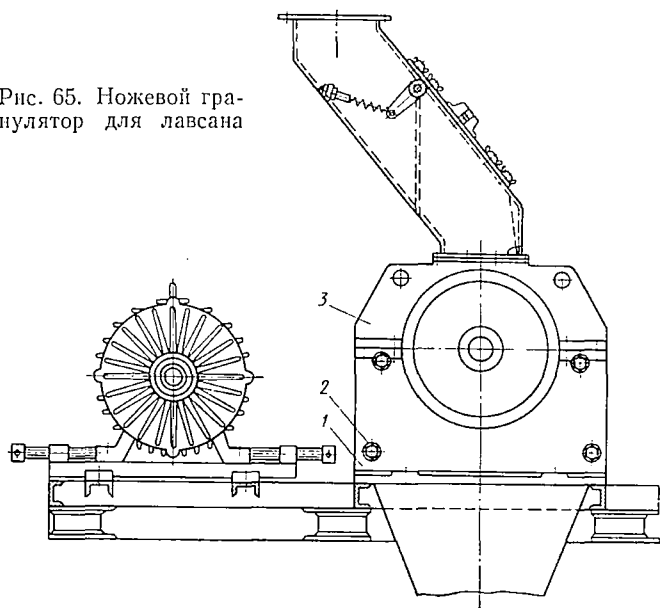
Рис. 64. Гранулятор для получения гранул кубической формы

гается через фильтр-решетку 8 и выдавливается через оформляющую головку с индивидуальным электрообогревом 9.

Механизм резки состоит из неподвижных и вращающихся ножей фрезерного типа. Фреза приводится от электродвигателя через клиноременную передачу и вариатор. Нити с направляющей гребенки в механизм резки подаются двумя парами питающих валков, которые приводятся от вала фрезы через редуктор.

Грануляторы для получения гранул из листового материала. Гранулы кубической формы из листового материала можно получать двумя способами. Первый заключается в том, что лист сначала разрезается на полосы, а затем полосы режутся на гранулы. При втором способе кубические гранулы получают непосредственно из листа. На рис. 63 показана конструкция режущей головки гранулятора для резки гранул из полосы ленты полиэтилена, полихлорвинила и других термопластов.

Рис. 65. Ножевой гранулятор для лавсана



Лента пропускается между верхним питательным валком 1 и прижимным роликом 2 и направляется в лоток 3, затем вытяжным валком 4 и прижимным роликом 5 лента подается в щель между неподвижным зубчатым ножом 6, укрепленным в корпусе головки, и пластиной 7. Специальная фреза 8, насаженная на вращающуюся ось 9, отрезает от движущейся поперек неподвижного ножа ленты прямоугольные гранулы, сбрасываемые в бункер, откуда они скатываются в ящик, устанавливаемый в нише корпуса гранулятора.

Положение вытяжного и питательного валков и лотка относительно неподвижного ножа устанавливается перемещением кронштейна 10 по пазу 11. Щель между вытяжным валком 4 и роликом 5 в зависимости от толщины разрезаемой ленты регулируется перемещением обоймы 12. Натяжение пружины 13 регулируется посредством гаек 14. При заправке ленты прижимной ролик 2 отводится от питательного вала поворотом рукоятки 15. Питательный и вытяжной валки приводятся от электродвигателя постоянного тока с плавным регулированием скорости.

Ось фрезы получает вращение через клиноременную передачу от четырехскоростного двигателя со ступенчатым регулированием оборотов посредством четырехполюсного переключателя. На рис. 64 показан гранулятор для получения гранул кубической

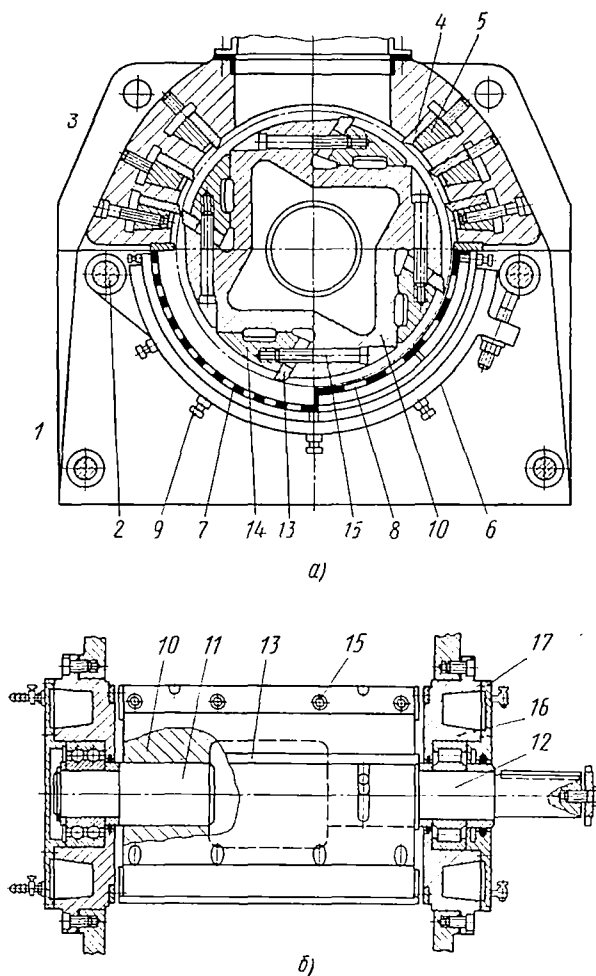


Рис. 66. Поперечный (а) и продольный (б) разрезы ножевого гранулятора для лавсана

формы непосредственно из листового материала. Машинна состоит из корпуса 1, верхней плиты 2 с нажимными роликами 3, вращающегося ротора 4 с закрепленными на нем зубчатыми ножами 5 и стационарного зубчатого ножа 6. Лист 7 материала захватывается валками 8 и подается к ножам. Подающие валки приводятся от вала ротора через ременные и зубчатые передачи.

Ножевой гранулятор для измельчения горячих лавсановых брусков, установленный в агрегате для производства лавсана, показан на рис. 65.

Корпус машины образован двумя литыми стойками 1 (рис. 66, а), стянутыми четырьмя распорными шпильками 2. Верхняя часть корпуса также литая, крепится болтами к привалочной поверхности нижней части в плоскости разъема по оси ротора. В боковых стенках 3 верхней части имеются продольные пазы, в которых устанавливают неподвижные ножи 4, закрепляемые клиновыми планками 5 и винтами. Боковые части корпуса закрыты легкими стальными листами.

На распорной шпильке 2 в нижней части корпуса смонтированы пять хомутов 6, на которых уложены сита 7 и 8 с отверстиями нужных размеров, закрепленные винтами 9. В корпус ротора 10 квадратного сечения запрессованы две шейки валов 11 (рис. 66, б) и 12, установленные на подшипниках качения. Четыре плоских ножа 13 закреплены в корпусе ротора прижимами 14 и болтами 15 (рис. 66, а). Диаметр расточек корпуса гранулятора больше диаметра ротора, поэтому последний в сборе с ножами вынимают через эти отверстия для заточки, замены ножей и балансировки. Фланцы 16 (рис. 66, б) с торцов закрыты крышками 17, в которые ввернуты краны с ниппелями для присоединения шлангов подвода и слива воды, охлаждающей подшипниковые узлы ротора.

§ 3. ГРАНУЛЯТОРЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

Использование отходов, образующихся при изготовлении изделий из термопластичных материалов, вызывает известные затруднения на большинстве заводов, занятых переработкой этих материалов.

Отходы, образующиеся на различных операциях, имеют самую разнообразную форму и размеры от больших кусков и целых листов до мелких обрезков пленки.

Так, например, при изготовлении листов винилпласта на прессах отходы достигают иногда 25% товарной продукции.

При вырубке в вырубных штампах прокладок из листового полихлорвинила, полиэтилена и других материалов остатков выпрессовки весит иногда больше, чем сами прокладки. Как и в каждом производстве, при переработке полимеров в изделие, особенно при наладке прессов, машин для литья и непрерывного выдавливания, получается некоторое количество бракованных изделий, которые должны быть использованы вместе с отходами для вторичной переработки.

Для получения из отходов материала, пригодного для изготовления качественных изделий, эти отходы должны быть предварительно измельчены и превращены в гранулы в роторно-ножевых и молотковых дробилках или на червячных прессах с грануляторной головкой.

На рис. 67 показан гранулятор для переработки отходов термопластов (прутков, лент, листов, пленки или кусков различной формы).

Гранулятор имеет корпус 1, смонтированный на раме 2, крышку 3 и ротор 4, вращающийся в подшипниках 5. На роторе укреплены три ножа 6, а в корпусе и крышке — четыре контрножа 7. Ротор вращается от электродвигателя 8 через ременную передачу. Крышку крепят к корпусу откидными болтами 9. Отходы термопластов, поступающие в загрузочную камеру 10, измельчаются роторными ножами 6 и 7 и проваливаются через отверстия калибрующей решетки в сборный бункер 11 гранулятора, откуда при открытии дверки 12 гранулы поступают в тару.

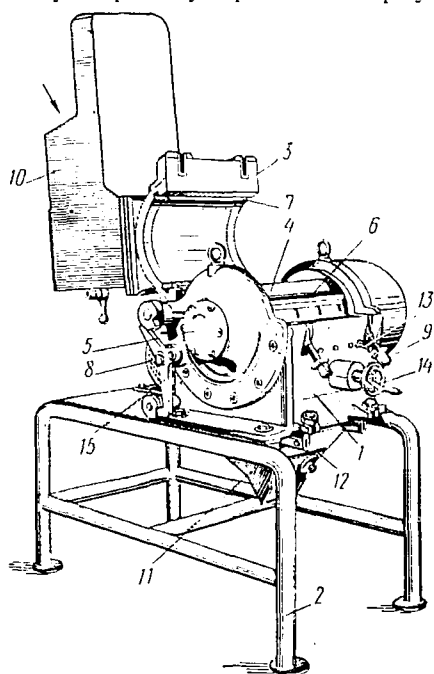


Рис. 67. Гранулятор для переработки отходов термопластов

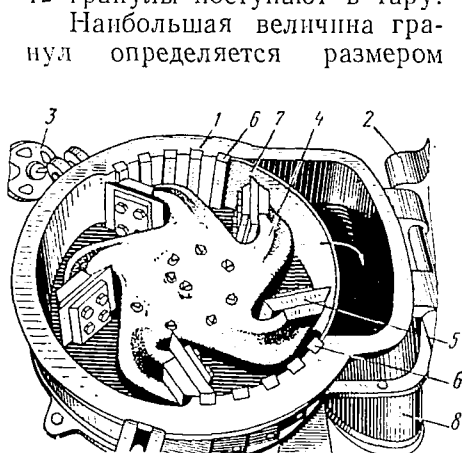


Рис. 68. Гранулятор для переработки отходов с вертикальной осью вращения

отверстий в калибрующей решетке. Зазор между ножами регулируется винтами 13. Калибрующая решетка устанавливается при помощи механизма 14. Привод дробилки не может быть включен без закрытия запорного механизма 15.

На рис. 68 показан гранулятор с вертикальной осью вращения. Крышку 2 гранулятора крепят к корпусу 1 при помощи откидных болтов с маховичками 3. В корпусе на вертикальном валу расположен ротор 4 с ножами 5. К стенкам корпуса прикреплены контрножи 6. Измельченные отходы термопласта просеиваются через сито 7 и удаляются из гранулятора через патрубок 8.

На рис. 69 показан гранулятор с увеличенным числом неподвижных ножей, что интенсифицирует переработку материалов.

Ротор *1* с тремя ножами *2* консольно укреплен на приводном валу *3*, смонтированном на двухрядных подшипниках в корпусе *4*.

В правой *5* и левой *6* щеках, привертнутых к корпусу болтами, расположены четыре неподвижных плоских ножа *7*, закрепленных винтами *8* и *9*. Нижняя часть пространства между щеками закрыта укрепленной в них решеткой *10* для просеивания измельченного материала.

Крышка *11* шарнирно соединена с корпусом и закрепляется откидным болтом с барашком (на рисунке не показан) для быстрого отбрасывания при очистке, ремонте ножей и смене решетки. В верхней части рабочей камеры укреплен бункер *12* с задвижкой,

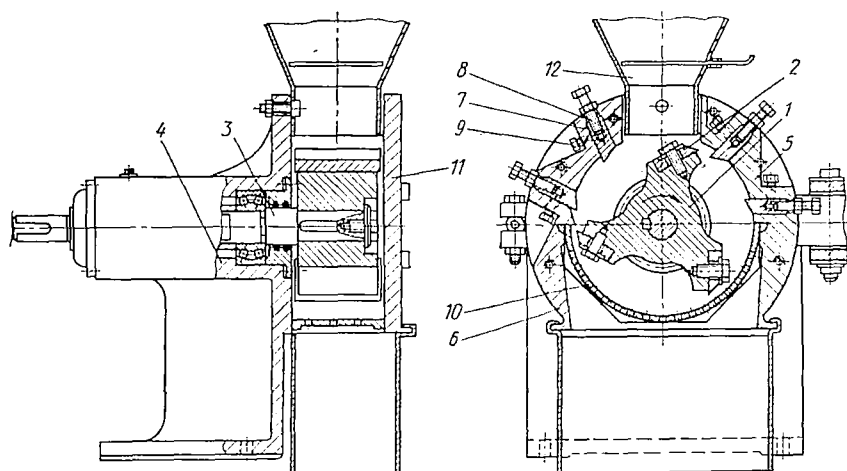


Рис. 69. Гранулятор

окном для загрузки материала и патрубком, к которому присоединяется вентиляционная труба для отсоса пыли из камеры (на рисунке не показаны). Гранулятор устанавливают на подставку и укрепляют болтами.

Грануляция отходов винипласта представляет значительные трудности по сравнению с переработкой других термопластов: винипласт очень жесткий и прочный материал и имеет высокую удельную ударную вязкость.

Отходы винипласта удовлетворительно перерабатываются на дробилках молоткового типа (рис. 70). В корпусе, состоящем из основания *1* и верхней части *2*, смонтирован вал *3* с закрепленным на нем ротором *4*, имеющим ряд кольцевых пазов. В пазах ротора шарнирно установлены на осях молотки *5*. Ротор приводится от электродвигателя *7* через клиноременную передачу *6*. Ниже ротора в корпусе имеется решетка *8*, набранная из отдельных колосников, вставленных в пазы корпуса. Измельченный материал через колосники осыпается в тару по лотку *9*.

На верхней части корпуса укреплена бункерная воронка 10, служащая для загрузки перерабатываемого материала. Воронка имеет отражатели 11, предохраняющие от выбрасывания загруженного в дробилку материала.

На рис. 71 показана специальная дробилка для измельчения отходов линолеума. Корпус дробилки изготовлен из коррозионно-стойкой стали. К внутренней поверхности корпуса 1 крепится броневая плита 2. Ротор представляет собой горизонтальный

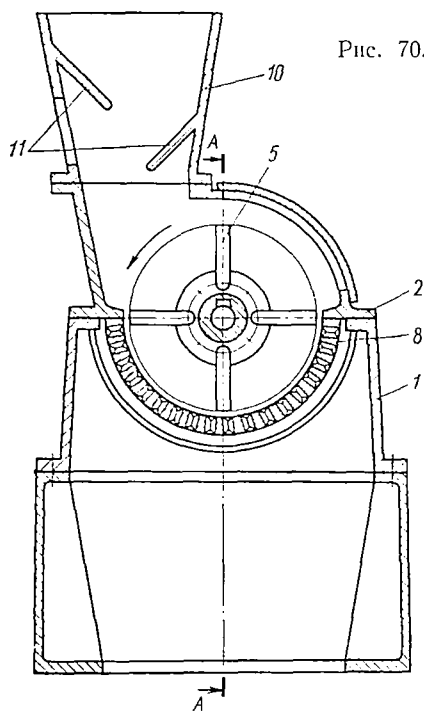
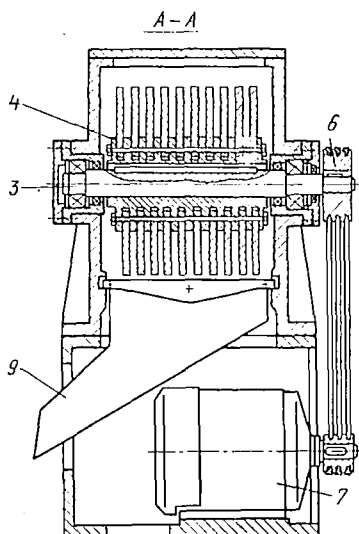


Рис. 70. Дробилка для переработки отходов винилпласта



вал 3, на котором по винтовой линии укреплены молотки 4. Измельченный материал поступает в дробилку через загрузочную воронку 5, дробится вращающимися молотками и одновременно продвигается к выходному отверстию. Для регулирования определенной величины фракции дробленого материала на выходе устанавливается диафрагма с различными размерами отверстий. В роторно-ножевых и молотковых дробилках могут быть получены гранулы неоднородные по форме, размерам и весу.

Для сортировки по плотности гранул из пластмасс применяют зигзагообразный сепаратор (рис. 72, а). На раме 1 сепаратора смонтирован зигзагообразный корпус 2 с барабанным секторным питателем 3, бункером 4 и циклоном 5.

С правой (по чертежу) стороны установки укреплен привод 6 вентилятора. Для выпуска сепарированного материала преду-

смотрены затворы 7 (мелкой фракции) и 8 (крупной фракции). Материал подается в каналы зигзагообразного корпуса 2 из бункера 4 (рис. 72, б) питателем 3. В зависимости от конструкции в сепараторе может быть один или несколько каналов. Частицы материала, поступающие в каналы, подхватываются воздушным потоком, нагнетаемым вентилятором 9. При этом частицы, обладающие большими размерами и плотностью, т. е. частицы, скорость падения (витания) которых ниже скорости воздушного потока (скорость воздушного потока, при которой частица материала неподвижно висит в воздухе, называется скоростью падения),

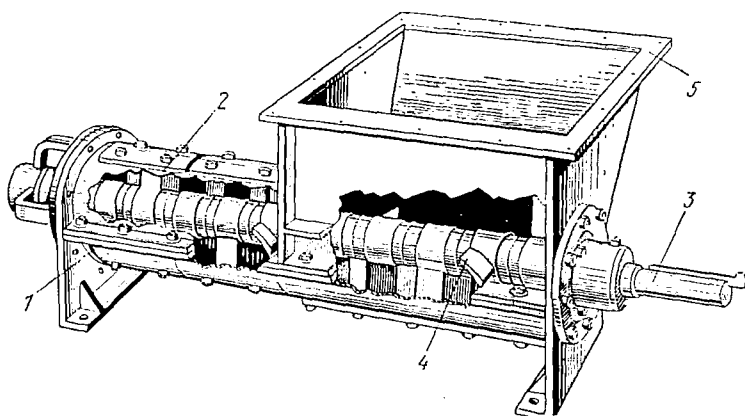


Рис. 71. Дробилка для измельчения отходов льнолеума

опускаются вниз и поступают в приемный бункер 10. Мелкие частицы потоком воздуха уносятся в циклон 5, где гранулы отделяются от воздуха, который после очистки вновь захватывается вентилятором 9 и подается в сепаратор. Осевшие в циклоне частицы секторным питателем 11 подаются в приемный бункер 12. Количество подаваемого воздуха, а следовательно и границу раздела гранул на отдельные фракции, можно регулировать дросселем 13.

Техническая характеристика роторно-ножевых грануляторов для термопластов, разработанных УкрНИИпластмашем, приведена в табл. 13.

В производстве изделий из фенопластов и других необратимых материалов до последнего времени мало уделялось внимания возможности переработки отходов и бракованных изделий. Количество таких отходов в связи с интенсивным развитием промышленности переработки пластмасс непрерывно увеличивается, и их уборка вырастает в трудоемкую работу с применением тяжелого ручного труда.

Как показывает опыт, измельченные отходы в смеси с основным порошком могут служить наполнителем при изготовлении неотчетственных изделий из фенопластов.

Изделия из термореактивных материалов, в отличие от термопластичных, отличаются малой ударной вязкостью, они достаточно хрупки и легко измельчаются в молотковых и зубчатых дробилках до нужной степени размола, с разделением на фракции помола при помощи вибрационных сит.

На рис. 73 показана зубчатая дробилка для измельчения отходов реактопластов на частицы менее 1 мм. В литом корпусе 1

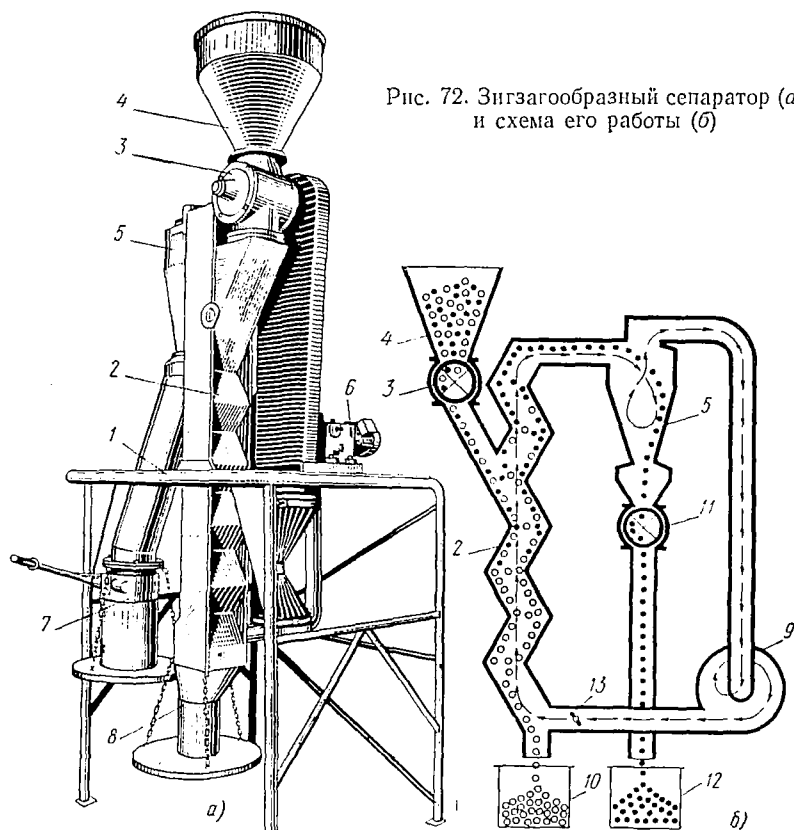


Рис. 72. Зигзагообразный сепаратор (а) и схема его работы (б)

смонтирован вал 2, на котором насажена ступица 3 с шестью биллами 4. Биллы закреплены на ступице посредством диска 5 и резьбовых шпилек. Весь узел — било, ступица и диск — прижат к внутреннему кольцу крайнего шарикоподшипника гайками 6. Выступающие части закрыты колпаком 7, навинченным на резьбовой конец вала.

Крышка 8 прижимает стакан с подшипниками к корпусу дробилки. Необходимый осевой зазор (0,2—0,5 мм) между торцами наружных колец шарикоподшипников устанавливается за счет прокладки 9. Зубчатый венец 10 крепится к корпусу дробилки болтами. Второй зубчатый диск 11 прикреплен к фланцу загрузоч-

Техническая характеристика роторно-ножевых грануляторов

Производительность в кг/ч	Размеры ротора в мм		Количество ножей		Данные привода		Габаритные размеры в мм		
	Диаметр	Длина	ротора	статора	Скорость в об/мин	Мощность в кВт	Длина	Ширина	Высота
5—10	100	130	3	2	1500	1	800	360	5000
10—60	148	190	3	2	1800	2,8	910	464	1680
100—120	200	120	3	2	1440	4,5	1040	1100	940
200—300	270	400	3	2	1450	20	1990	1000	2083
250	348	615	5	2	910	40	2500	790	2740

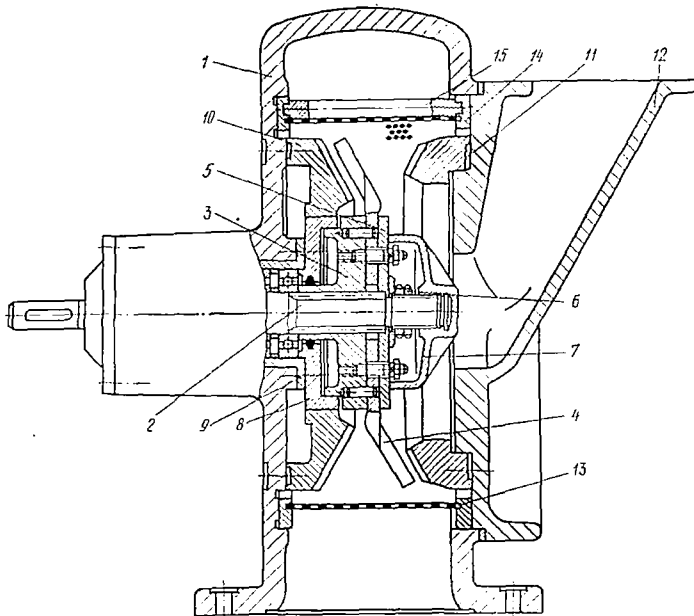


Рис. 73. Зубчатая дробилка для измельчения отходов реактопластов

ной воронки 12, которая с одной стороны соединена с корпусом дробилки шарнирными проушинами, а с другой — шарнирным болтом и маховичком (на рисунке не показаны), являясь как бы дверцей, которую можно быстро открывать для осмотра и чистки рабочих элементов и замены гранулирующего кольцевого сита 13, вставленного в пазы дисков 14, стянутых стержнями 15.

Дробилку крепят болтами к раме, которая снабжается лотком для приема дробленого продукта, проваливающегося через отверстия сита в горловину корпуса.

Зубчатая дробилка завода им. Комсомольской правды имеет следующую техническую характеристику.

Производительность в кг/ч	60
Скорость вращения ротора в об/мин	2000
Мощность электродвигателя в кВт	6
Наибольшие размеры загружаемого материала в мм	12
Наибольшая крупность размолотого материала в мм	1
Габаритные размеры дробилки в мм:	
длина	840
ширина	790
высота	680
Масса дробилки в кг	180

§ 4. РАСЧЕТ ГРАНУЛЯТОРОВ

Расчет ножей и мощности их привода. Площадь сечения всех отверстий в решетке

$$F = q \cdot 0,785d^2,$$

где q — число отверстий; d — диаметр отверстий в м.

Скорость выхода массы расплава из решетки головки гранулятора

$$v = \frac{m_t}{\rho F}, \quad (150)$$

где m_t — массовая производительность червячной машины в кг/с; ρ — плотность материала в кг/м³.

Время между ударами ножа по материалу

$$t = \frac{l}{zn}, \quad (151)$$

где l — длина гранулы в м; z — число ножей;

$$n = \frac{v}{zl} \text{ об/с — частота вращения ножей.}$$

Скорость вращения ножей

$$v_n = 2\pi Rn,$$

где R — расстояние между осями вала ножей и формирующей решетки в м.

Сила резания

$$P = 0,785kq_1d^2, \quad (152)$$

где k — удельное сопротивление материала резанию в Н/м²; q_1 — минимальное число отверстий, перекрывающихся ножом.

Необходимая мощность привода

$$N = \frac{Pv_{II}}{\eta}, \quad (153)$$

где η — к. п. д. механической передачи.

При использовании валков для передачи нитей к режущему устройству необходимо обеспечить одинаковую скорость движения прутков и окружающую скорость движения валков, считая, что проскальзывание прутков в валках исключено.

Линейная скорость прутков

$$v = v_{\text{окр}},$$

где $v_{\text{окр}}$ — окружная скорость валков.

Окружная скорость валков

$$v_{\text{окр}} = \pi D n,$$

где n — частота вращения валков в секунду; D — диаметр валков в м,

откуда

$$n = \frac{m_l}{q\rho \cdot 0,785d^2 \pi D}.$$

При расчете производительности и мощности зубчатых и молотковых дробилок можно применить общие расчетные формулы с учетом особенностей характеристик измельчаемых реактопластов.

Объемная производительность зубчатой дробилки

$$V_t = \frac{kLd^2n}{(i-1)}, \quad (154)$$

где L , d — длина и диаметр ротора в м (d принимается по наружной окружности вращения бил); n — частота вращения ротора в об/с; $k = 0,6$ — коэффициент, зависящий от твердости материала; i — степень дробления.

Эффективная мощность на валу ротора дробилки

$$N = \frac{m\sigma^{m+1}}{(m+1)E} V_t i, \quad (155)$$

где $m = 1,3$ — коэффициент, характеризующий закон связи между напряжением и относительным изменением длины частиц для пластмассы; σ — предел прочности материала в Н/м²; E — модуль упругости материала в Н/м²; V_t — объемная производительность дробилки в м³/с.

Глава VI. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Одним из самых распространенных методов переработки пластических материалов является литье под давлением. Процесс литья под давлением заключается в том, что материал разогревается до пластического состояния в специальном цилиндре и инжектируется из него с большой скоростью и под высоким давлением в литевную форму.

На литевых машинах можно изготавливать одну или несколько деталей одновременно в зависимости от конфигурации, массы и площади отливки. Метод литья под давлением особенно перспективен для строительных изделий: готовых оконных переплетов, дверей, санитарно-гигиенической аппаратуры, ванн, санитарных узлов и т. д. В качестве сырья применяют такие материалы, как полистирол, полнамид, полиэтилен, полиформальдегид, поливинилхлорид, ацетиленцеллюлозный этрол, наполненные термопласты и другие в гранулированном или порошкообразном виде; объем зерен может быть в пределах 0,008—0,0125 см³. Удельное давление впрыска зависит от вида применяемого материала и степени его предварительной пластикации и колеблется в пределах 24—210 МН/м².

Литевые машины классифицируются по мощности, конструкции и типу привода. Производственная мощность машин определяется в кубических сантиметрах впрыскиваемого материала, расходуемого на изготовление одной отливки, и колеблется в пределах 2—31 000 см³.

По конструкции литевые машины подразделяются: в зависимости от нагнетающего устройства — на поршневые и червячные; в зависимости от направления разъема форм — на горизонтальные, вертикальные и угловые; в зависимости от количества форм — на одноформовые и многоформовые (ротационные); в зависимости от направления разъема форм — на горизонтальные, вертикальные и угловые; в зависимости от количества инжекционных цилиндров — на одно- и многоцилиндровые; в зависимости от наличия узла предварительной пластикации — без предварительной пластикации и с предварительной поршневой или червячной пластикацией; в зависимости от типа привода — на механические, гидравлические, гидромеханические, пневматические, пневмогидравлические.

Литевые машины с гидравлическим приводом подразделяются на машины с групповым и индивидуальным приводами.

С технологической точки зрения литье под давлением можно определить как простой циклический процесс, состоящий из следующих основных операций: дозирования материала (при необходимости с предварительной подсушкой в бункере машины),

подачи его в инъекционный цилиндр, нагревания и расплавления материала, впрыска под давлением пластифицированного расплава в форму, охлаждения изделия в форме (для термопластов) или нагревания (для реактопластов), раскрытия формы и удаления из нее готовых изделий.

Формовать изделия на литьевых машинах можно тремя основными способами: литьевым, интрузионным, инъекционно-прессовым.

Литьевой способ заключается в впрыске материала в литьевую форму при помощи поступательно перемещающегося поршня или червяка и выдержке материала под давлением в форме.

Интрузионный способ состоит в заполнении литьевой формы при помощи червяка, совершающего только вращательное движение или совместное вращательное и поступательное движения. Материал в форме под давлением выдерживается под действием осевой силы, передаваемой червяком.

Инъекционно-прессовый способ заключается в заполнении не полностью сомкнутой формы литьевым или интрузионным способом. Дальнейшее формование материала происходит под действием силы, создаваемой прессовым механизмом.

§ 2. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕРМОПЛАСТОВ

На рис. 74 показана схема литьевой машины поршневого типа с гидравлическим приводом механизма впрыска и гидромеханическим приводом механизма 1 запираания форм 2. Рабочий процесс начинается с объемного дозирования и последующей подачи материала из бункера 3 при помощи поршня — дозатора 4 в обогревательный (инъекционный) цилиндр 5 (рис. 74, а). В этот период плунжер 6 занимает крайнее правое (по чертежу) положение. В положении, указанном на рис. 74, б, обе половинки формы сомкнуты под действием гидромеханического устройства механизма 1 запираания. Далее гидравлический поршень 7 перемещается с плунжером 6; при этом сопло обогревательного цилиндра плотно прижимается к входному отверстию формы, масса выдавливается в форму 2 и заполняет ее рабочую полость (рис. 74, в).

Литьевые машины поршневого типа не обеспечивают высокой производительности, имеют большие потери давления, требуют более мощного привода и поэтому сняты с производства.

Необходимость увеличения пластикационной производительности нагревательного цилиндра литьевой машины привела к созданию новых методов нагрева полимеров. Увеличение поверхности нагрева, которое достигалось применением цилиндров больших размеров и установкой рассекателей (например, торпеды), не всегда давало нужные результаты, так как при этом возникали дополнительные увеличения сопротивлений в цилиндре.

Пластицирующая способность машин плунжерного типа при литье крупногабаритных изделий повышается незначительно, так как во избежание получения слишком высоких давлений литья увеличивают зазор между торпедой и стенкой цилиндра, что при-

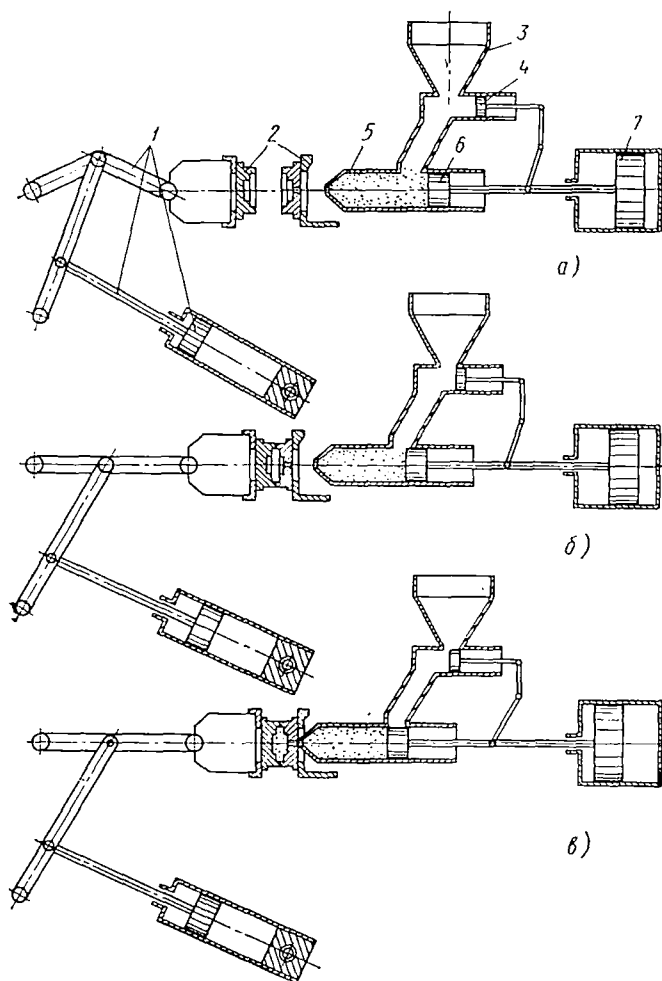


Рис. 74. Схема литьевой машины поршневого типа

водит к уменьшению пластицирующей способности и снижению эффективности нагрева. Поэтому для увеличения пластикационной производительности применяют литьевые машины, в которых процессы пластикации и инъекции совмещены в одном узле.

Применение машин с червячным плунжером двойного действия позволяет формировать литьем под давлением такие материалы, переработка которых недоступна в машинах плунжерного типа.

Современные червячные литьевые машины подразделяются на одно- и двухчервячные; при этом червяки используются как инжекционные плунжеры.

Одночервячные литьевые машины с совмещенной системой пластикации в основном изготовляют двухступенчатыми.

На рис. 75, *а* показана принципиальная схема одночервячной машины с осевым перемещением червяка, производящим впрыск материала подобно поршню. Материал, поступающий из бункера 1, пластицируется в обогревательном цилиндре 2 червяком 3, вращаемым от электродвигателя через червячную передачу 4. После пластикации термопласта под действием поршня 5 гидроцилиндра 6 червяк перемещается в сторону сопла, и следовательно, происходит впрыск материала в форму.

На рис. 75, *б* показана одночервячная машина с объемом впрыска 3000 см³. Станина 1 машины представляет собой сварную раму, на которой монтируются механизм впрыска, механизм запирания формы и гидравлическое оборудование.

Механизм впрыска имеет обогревательный цилиндр с червяком 2, корпус 3 которого опирается на подвижную опору 4. Вал 5 червяка приводится от электродвигателя 6 через редуктор 7, а осевое перемещение — от поршня 8. Привод механизма впрыска устанавливается на каретке 9, скользящей по направляющим 10 станины машины. Механизм впрыска перемещается вдоль оси двумя плунжерами 11. Перерабатываемый материал, поступающий из бункера 12, нагревается и расплавляется шестью электронагревательными элементами 13, размещенными по окружности обогревательных цилиндров, а пластикация и впрыск его в форму осуществляются червяком через сопло 14. Давление и скорость инъекции регулируют рукояткой 15. Гидропривод расположен с противоположной стороны литьевой машины и приводится от электродвигателя 16. Гидравлический механизм запирания состоит из четырех плит — передней 17, подвижной 18, промежуточной 19 и задней 20, соединенных четырьмя колоннами 21, и двухступенчатого гидравлического устройства, обеспечивающего быстрое запираение формы с минимальным расходом рабочей жидкости под давлением. В центральной части передней плиты имеется отверстие *А* для сопла обогревательного цилиндра, а на передней панели находится пульт управления 22. Внутри подвижной плиты — цилиндра установлен гидравлический выталкиватель 23, а по краям четыре механических выталкивателя 24, концы которых крепятся к промежуточной плите. Рабочая жидкость поступает в цилиндр гидравлического выталкивателя через трубопровод 25.

Ускоренное предварительное запираение формы производится при низком давлении рабочей жидкости плунжером 26 цилиндра 27. Масло подается в рабочую полость цилиндра 27 через распределитель 28 и трубопровод 29, а в штоковую полость — через трубопровод 30. После запираения формы положение цилиндра 27 фикси-

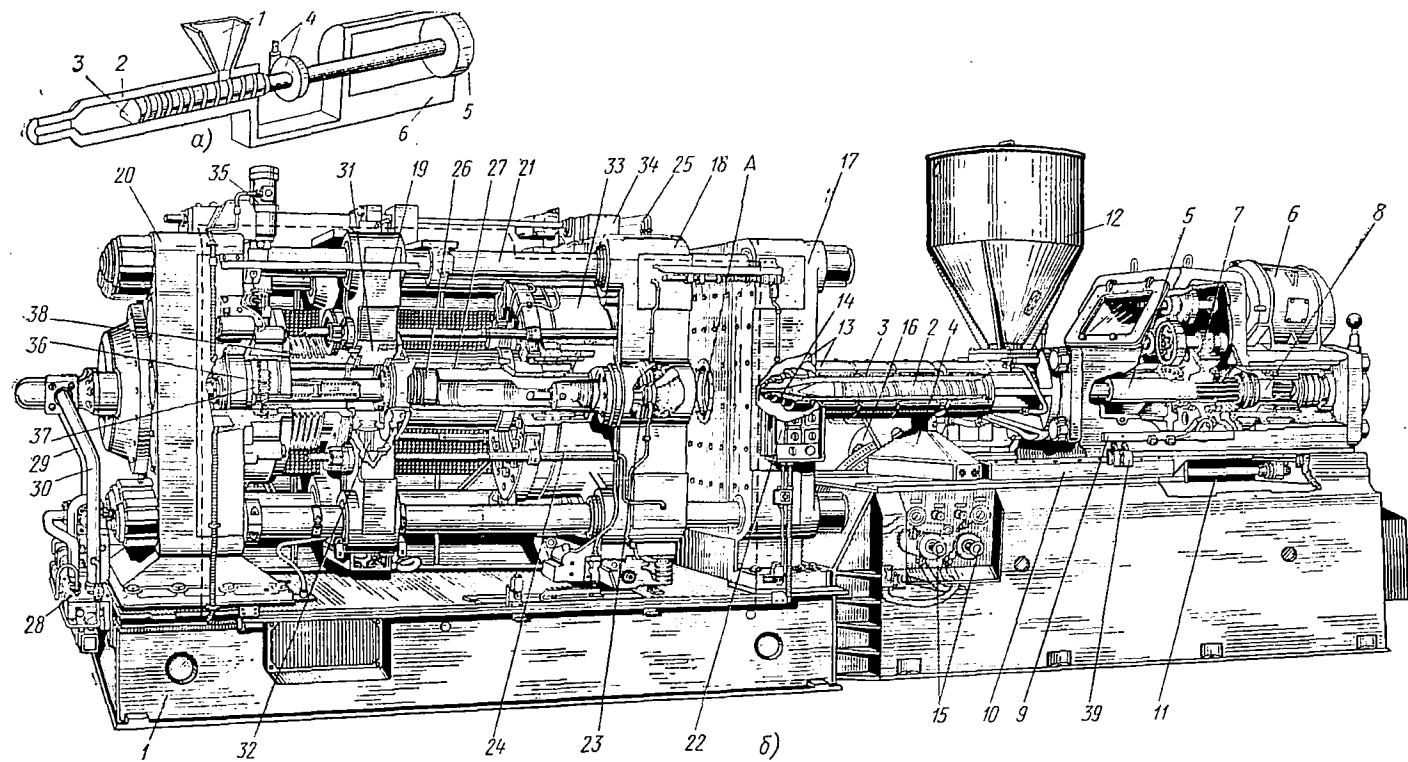


Рис. 75. Одночервячная литьевая машина

руют двумя полукольцами 31, которые приводятся двумя поршнями 32. Окончательно форма запирается при высоком давлении рабочей жидкости, нагнетаемой в гидроцилиндр 33 через дистрибутор 34. Величина свободного хода подвижных элементов механизма запираания формы, необходимого для компенсации расширения колонн и зазора между упорными полукольцами и торцом цилиндра, регулируется червячным механизмом, приводимым от электродвигателя 35. Червяк 36 вращает червячное колесо 37; при этом перемещается цилиндр 38 с промежуточной плитой 19. Машина снабжена конечными выключателями 39, которые контролируют предельное осевое перемещение червяка 2.

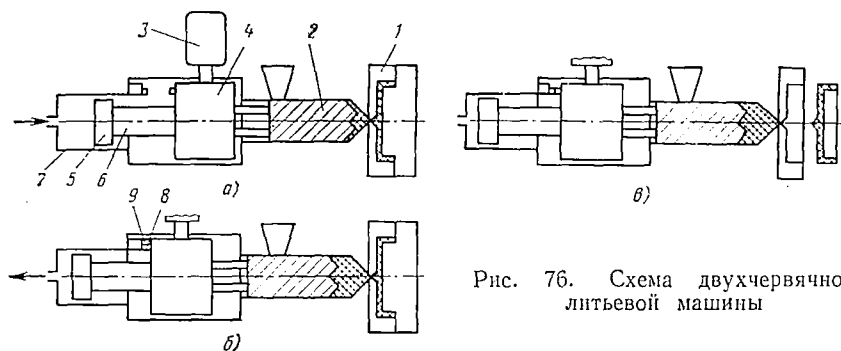


Рис. 76. Схема двухчервячной литьевой машины

На рис. 76 показаны схемы, определяющие взаимоположение частей двухчервячной литьевой машины с осевым перемещением червяков в различные рабочие периоды.

В момент впрыска материала в форму 1 (рис. 76, а) червяки 2, гидромотор 3, редуктор 4 и поршень 5 со штоком 6 продвигаются вперед под давлением масла, подаваемого в цилиндр 7.

В момент охлаждения изделия в форме (рис. 76, б) происходит пластикация очередной порции материала; червяки, вращаясь, перемешивают и нагнетают материал в инжекционную камеру; вращающиеся червяки, редуктор, гидромотор и поршень со штоком отходят назад, в исходное положение, под действием возрастающего давления материала в инжекционной камере. В конце хода при замыкании контактов 8 и 9 червяки перестают вращаться.

На рис. 76, в показано положение машины в момент раскрытия формы и удаления отпрессованного изделия.

В двухчервячной литьевой машине, показанной на рис. 77, процессы пластикации и впрыска совмещены. Материал подается в бункер 1, из которого поступает в приемную часть цилиндра 2. В цилиндре установлены два червяка 3, захватывающие поступающий материал и продвигающие его по направлению к соплу 4. Червяки вращаются от гидромотора 5 через редуктор 6 и червячное колесо 7, которое одновременно находится в зацеплении с цилиндрическими зубчатыми колесами 8, закрепленными на валах

червяков 3. В процессе продвижения материал интенсивно перемешивается червяками, прогревается и плавится. Поступающий материал постепенно накапливается в инъекционной камере 9 обогревательного цилиндра: при этом оба червяка под давлением вновь поступающего материала отжимаются, отходят от инъекционной камеры, после чего их вращение прекращается. Команда на прекращение вращения червяков подается самими же червяками, которые в крайнем положении нажимают на конечный выключатель. Далее в цилиндр 10 подается масло, которое систему,

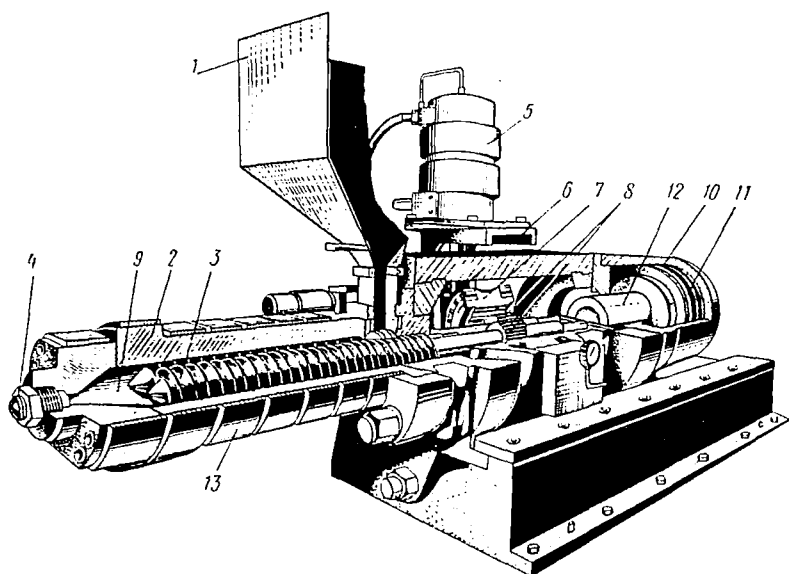


Рис. 77. Двухчервячная литевая машина

состоящую из поршня 11, штока 12, редуктора 6, гидромотора 5 и червяков 3, перемещает поступательно; при этом червяки действуют как плунжеры, обеспечивая впрыск пластицированного материала в форму. Цилиндр обогревается нагревательными элементами сопротивления 13.

На рис. 78 показан механизм предварительной пластикации и впрыска двухчервячной литевой машины. Два червяка 1, расположенные в горизонтальной плоскости обогревательного цилиндра 2, приводятся во вращение от гидромотора через червячный редуктор 3 и зубчатое зацепление. Червячный редуктор состоит из червяка 4 и колеса 5, имеющего внутри цилиндрическую зубчатую нарезку, по которой обкатываются шестерни 6, смонтированные на приводных валах 7 червяков. Валы соединяются с червяками шлицевыми муфтами 8. Силы от привода и аксиальными пере-

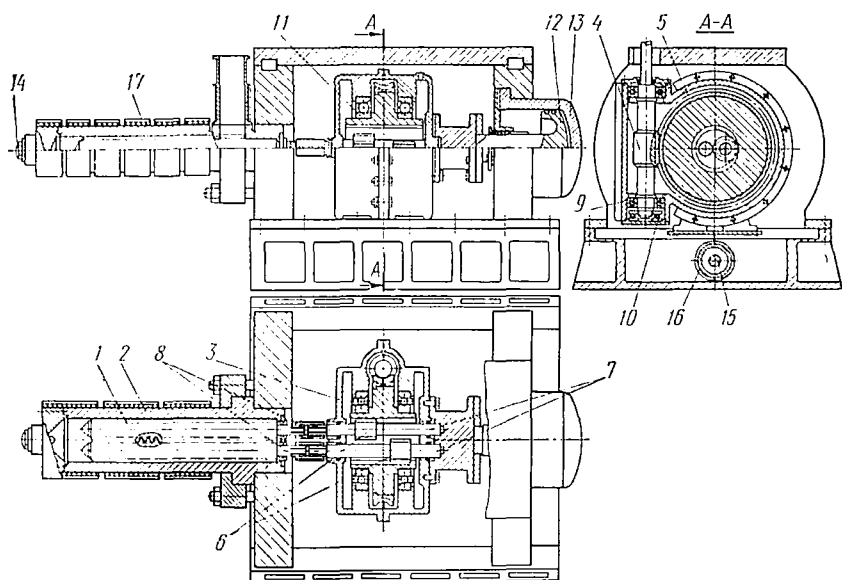


Рис. 78. Механизм пластикации и впрыска

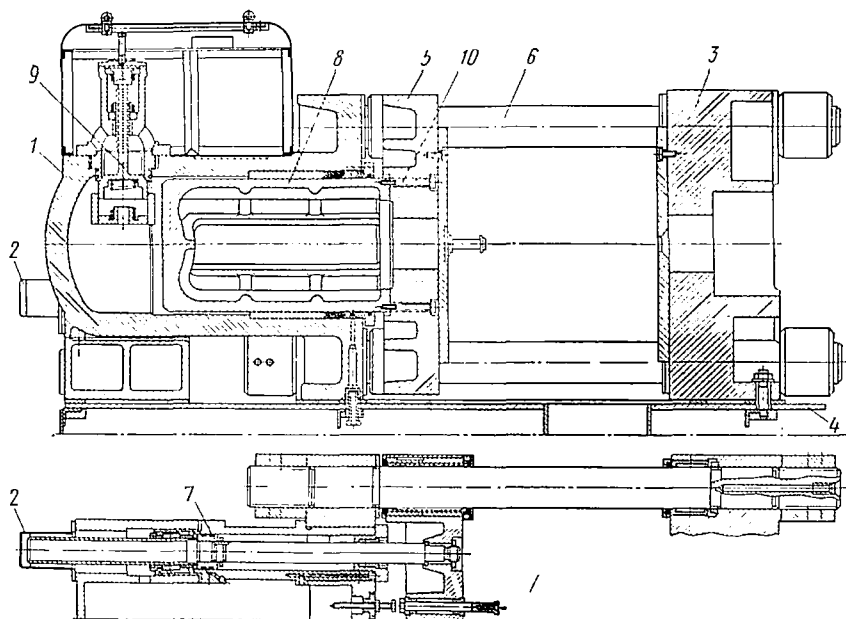


Рис. 79. Механизм заправки формы

шипниками 9, 10, 11. Поступательное движение на впрыск червяки вместе с гидромотором и редуктором получают от поршня 12 гидроцилиндра 13; при этом сопло 14 к литниковой втулке формы подводится плунжером 15 гидроцилиндра 16. Материал нагревается электронагревателями 17, расположенными по окружности инжекционного цилиндра 2.

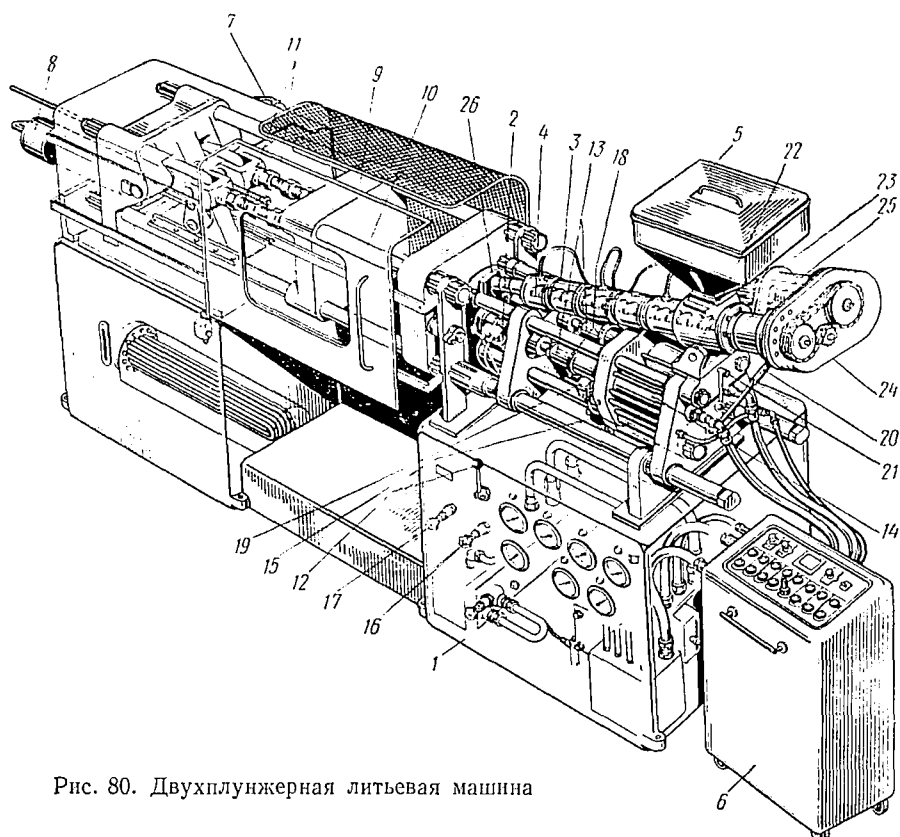


Рис. 80. Двухплунжерная литьевая машина

Механизм запирания формы (рис. 79) состоит из гидроцилиндра 1 высокого давления, двух гидроцилиндров 2 низкого давления, расположенных симметрично относительно оси машины, неподвижной плиты 3, закрепленной на станине 4, и подвижной плиты 5, перемещающейся по четырем направляющим колоннам 6. Форма закрывается в два этапа: вначале поршнями 7 цилиндров 2 ускоренного запирания формы, а затем плунжером 8 цилиндра 1, рабочая жидкость которого поступает через тарельчатый клапан 9. Окончательно форма запирается плунжером 8, соединенным с подвижной плитой винтами 10.

Недостатком двухчервячных литьевых машин является невозможность повышения инжекционного давления, а также слож-

ность изготовления двухчервячного механизма для пластикации и инъекции материала.

Непрерывную пластикацию материала можно также достигать применением двухплунжерных литьевых машин с червячным устройством для предварительной пластикации, размещенным под углом к обогревательным цилиндрам (рис. 80). На станине 1 машины монтируются гидромеханический механизм запирания формы, два инжекционных цилиндра 2, пластикационный цилиндр 3 с червяком 4, бункер 5 и гидросистемы. Дистанционный пульт управления 6 установлен отдельно.

Привод механизма формы запирания состоит из электродвигателя 7, гидронасоса и цилиндра 8, который через коленчато-рычажное устройство приводит в движение плиту 9, перемещающуюся по направляющим колоннам 10. На тягах 11 установлены регулировочные гайки для изменения хода плиты. Давление запирания формы регулируется рукояткой 12. Подвод инжекционных цилиндров 2 к литниковым втулкам формы, перемещение плунжеров 13 в переднее положение и отвод цилиндров после впрыска и выдержки под давлением осуществляется соответственно гидроцилиндрами 14 и цилиндром 15 обратного хода; при этом давление впрыска и обратного хода регулируется клапанами 16 и 17.

Дозируется и загружается пластицированный материал в инжекционные цилиндры при помощи регулировочных колец 18 и концевых выключателей 19. Пластикационное устройство крепится к станине машины на кронштейне 20 зажимом 21 и фиксируется в определенном положении пальцем 22. Пластицирующий червяк приводится от электродвигателя 23 через четырехступенчатый редуктор 24. Червяк устанавливается в двух радиальных шарикоподшипниках; осевая сила воспринимается упорным подшипником 25.

Цикл работы литьевой машины происходит следующим образом. Загружаемый в бункер 5 термопласт захватывается начальными витками червяка 4, перемещается, нагревается, пластицируется и нагнетается через распределительный клапан 26 в один или оба инжекционных цилиндра в зависимости от принятой технической схемы процесса литья. Материал впрыскивается в форму

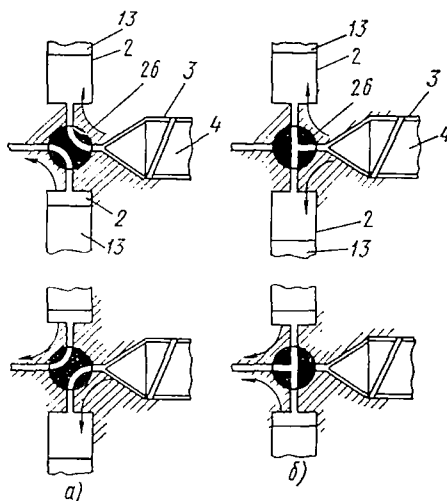


Рис. 81. Схема положений клапана

или поочередно из каждого инжекционного цилиндра, или из обоих цилиндров одновременно. Схема положений распределительного клапана 26 при последовательной работе инжекционных цилиндров показана на рис. 81, а, при одновременной работе — на рис. 81, б. В момент окончательного смыкания формы и подачи пластицированного материала в инжекционные цилиндры расплав термопласта инжекционными плунжерами 13 (см. рис. 80) впрыскивается в форму. После охлаждения форма размыкается и изделия выталкиваются в лоток. Затем цикл работы машины повторяется. Пластикация, инъекция, смыкание формы и длительность охлаждения контролируется реле времени. Позонное автоматическое регулирование температуры пластикационного и инжекционных цилиндров осуществляется терморегуляторами.

§ 3. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ РЕАКТОПЛАСТОВ

При переработке реактопластов на литьевых машинах материал из бункера поступает в обогревательный цилиндр, в котором он перемешивается, нагревается, переходит в вязкотекучее состояние и затем под давлением впрыскивается в нагреваемую сомкнутую форму. Давление литья подбирают в зависимости от конфигурации и толщины изделия и от типа перерабатываемого материала.

Для литья реактопластов в основном используют одношнековые машины с вращающимся и аксиально перемещающимся червяком. Тепловой режим в цилиндре с учетом тепла, выделяемого вследствие внутреннего трения, устанавливают таким, который обеспечит необходимую степень расплавления материала. В начале цилиндра материал подогревают до температуры 323—353° К для некоторого снижения вязкости и облегчения его продвижения вдоль цилиндра. На выходе из цилиндра материал должен быть равномерно прогрет до температуры 353—363° К, т. е. до вязкотекучего состояния, а перед поступлением в форму — до 358—368° К. Температура, заданная по зонам цилиндра, должна поддерживаться с большой точностью. Это требование вызывается некоторыми особенностями переработки терморепактивных материалов, которые отличаются от термопластов тем, что при нагревании до определенных температур переходят в нерастворимое состояние. В случае превышения заданной температуры реактопласт может затвердеть в цилиндре и в сопле, и тогда впрыск материала в форму будет невозможен. Если же температура в цилиндре ниже заданной, реактопласт не перейдет в вязкотекучее состояние, и впрыск его в форму также будет невозможен.

Каждый тип терморепактивного материала имеет оптимальную температуру переработки и определенное допустимое время пребывания в цилиндре при повышенной температуре. Даже небольшие отклонения температуры материала от заданной вызывают

значительные изменения допустимого времени термической нагрузки. Для каждого реактопласта оптимальный режим переработки можно подобрать экспериментально. Процесс пластикации проводится при температуре, допускающей наибольшую продолжительность пребывания материала в цилиндре. Для уменьшения времени пребывания материала в цилиндре надо так строить цикл переработки, чтобы подготовка новой порции материала к следующему циклу заканчивалась непосредственно перед впрыском.

Реактопласты можно перерабатывать на литьевых машинах с червячной пластикацией, предназначенных для литья термопластов, при условии изменения конструкции инжекционного цилиндра, червяка и системы обогрева.

Современные литьевые машины для реактопластов в основном создаются на базе обычных машин для термопластов с заменой инжекционного цилиндра и червяка.

На рис. 82 показана литьевая машина для переработки реактопластов и термопластов. На станине 1 машины закреплены салазки 2, в которых перемещается гидроцилиндром 3 механизм инжекции. Ход механизма инжекции регулируется гайкой 5, изменяющей величину тяги, а ход поршня гидроцилиндра 3 регулируется конечным выключателем, установленным сзади механизма инжекции. Червяк 6 приводится во вращение от гидромотора, смонтированного в корпусе 4 механизма инжекции. Вал 7 гидромотора выполнен за одно целое с его ротором и с обеих сторон закреплен в шариковых подшипниках. В роторе 8 гидромотора по каналам перемещаются десять поршней 9. С левой (по чертежу) стороны торцевые поверхности поршней выполнены шаровой формы. От напорной магистрали масло в цилиндры поступает по проточке а. При подаче масла поршни перемещаются влево, упираются в наклонную шайбу 10 и скользят вниз (по часовой стрелке). В нижнем положении шайба 10 отталкивает поршни, и масло из каналов поступает на слив по проточке б. Вследствие скольжения поршней по наклонной шайбе ротор гидромотора поворачивается, и через шлицы 11 вала ротора крутящий момент передается на червяк.

Скорость вращения червяка регулируется изменением расхода поступающего масла, а число оборотов — тахометром 12 через червячную передачу 13. Силы, возникающие при работе червяка, воспринимаются упорным подшипником 14, установленным в поршне 15 гидроцилиндра 16 впрыска. Давление, создаваемое при вращении червяка, регулируется дросселем 17. Количество материала, поступающего в переднюю часть цилиндра, регулируется кулачком 18. Команда на сброс давления подается конечным выключателем 19. Положение червяка, в котором подается команда на сброс давления, регулируется кулачком. Скорость регулируется дросселем.

Инжекционный цилиндр 20 имеет три зоны обогрева. Сопло имеет индивидуальный подогрев.

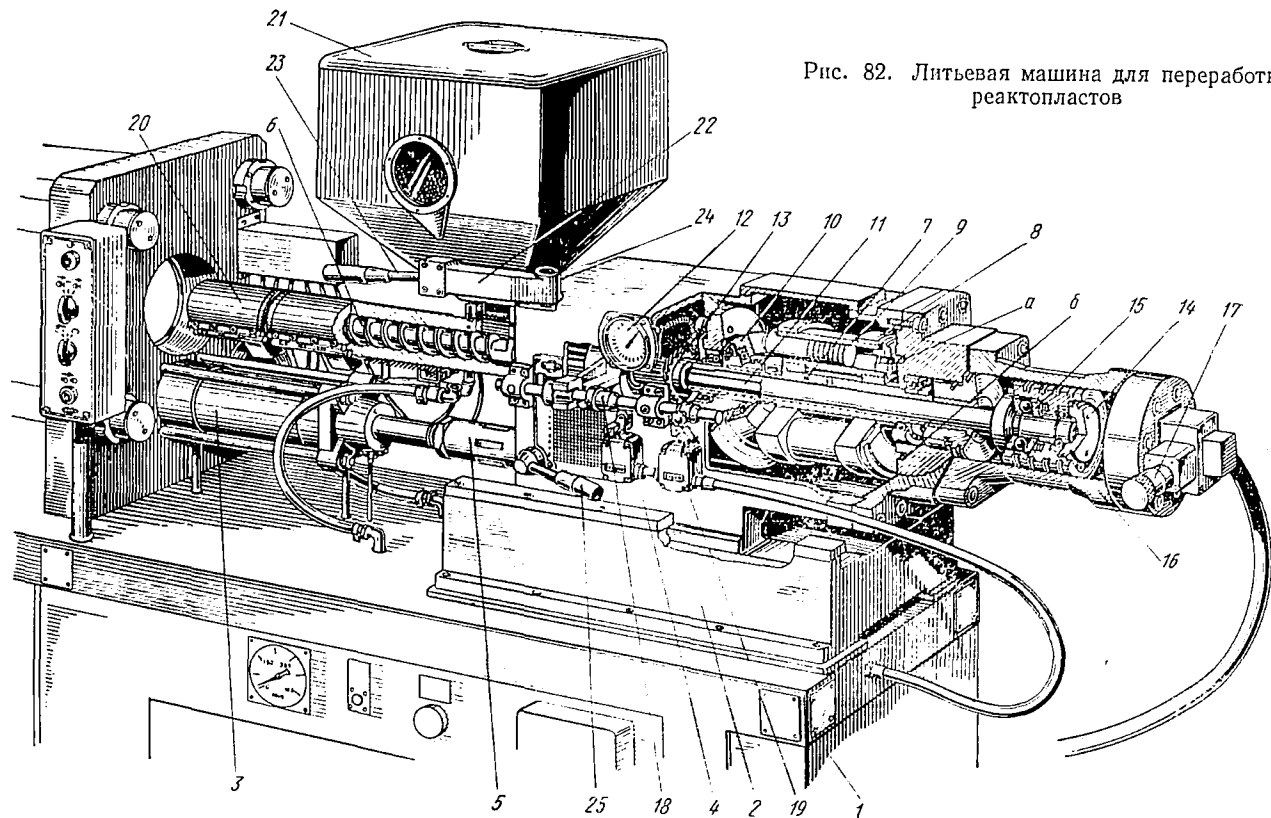


Рис. 82. Литьевая машина для переработки реактопластов

На машине установлен поворачивающийся бункер 21, который позволяет легко и быстро менять и выгружать материал. Бункер укреплен на кронштейне 22 и поворачивается в сторону рукояткой 23 вокруг оси 24. Фиксируется бункер в неподвижном рабочем положении штифтом, расположенным в стенке цилиндра. При повороте рукоятки 25 штифт освобождается, и бункер поворачивается.

Механизм смыкания формы имеет гидромеханическую конструкцию с качающимся гидроцилиндром, установленным внутри станины. Высота формы регулируется перемещением задней плиты

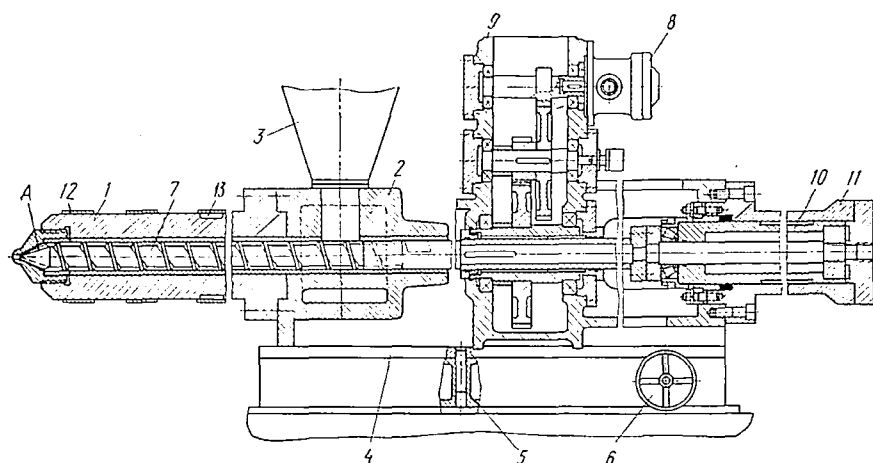


Рис. 83. Инжекционная часть машины для литья реактопластов

механизма смыкания. Для изменения расстояния между плитами установлен зубчатый механизм с ручным приводом, встроенный в заднюю плиту машины.

Такая регулировка обеспечивает легкость настройки машины на различные по высоте формы. Гидрооборудование расположено сзади машины на маслобаке. Электроаппаратура находится в отдельном шкафу. На машине имеются два реле времени — для выдержки материала под давлением и для отверждения изделия в форме.

Машина может работать в наладочном, полуавтоматическом и автоматическом режимах. Режимы устанавливаются переключателем.

На рис. 83 показана инжекционная часть машины для литья реактопластов. Инжекционный цилиндр 1 прикреплен к корпусу 2 механизма впрыска болтами. Корпус с бункером 3 установлен на опорной плите 4, которая может поворачиваться вокруг оси 5 на угол до 22° , что значительно облегчает монтажные работы. Плита поворачивается через винтовую передачу штурвалом 6.

Червяк 7 вращается от гидромотора 8 через зубчатый редуктор 9. При вращении червяка вращается жестко связанный с ним поршень 10 гидроцилиндра 11. Такая конструкция упрощает решение опорного узла, воспринимающего нагрузки при работе шнека. Инжекционный цилиндр имеет несколько зон электрического обогрева с нагревательными элементами 12 на каждую зону. Температура цилиндра регистрируется терморезисторами, установленными в корпусе цилиндра, и регулируется приборами. Между зонами обогрева имеется кольцевая выточка 13, в которую подается охлаждающая жидкость для создания градиента температур между зонами.

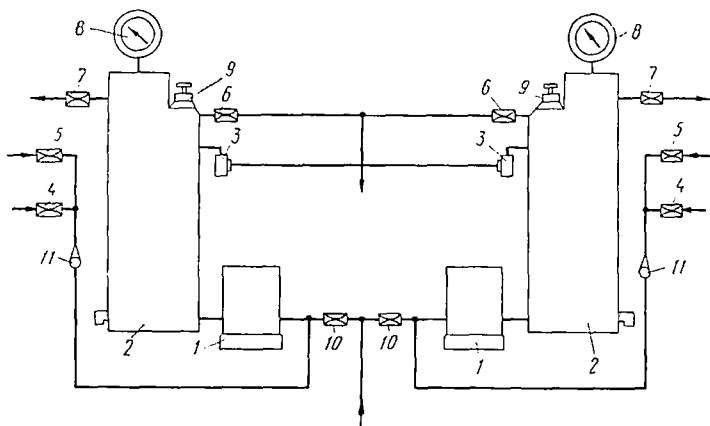


Рис. 84. Схема автоматической нагревательной станции

Червяк без сжатия имеет постоянный шаг, равный диаметру. Отношение длины червяка к диаметру составляет $\frac{L}{D} = 16$. Число оборотов шнека регулируется бесступенчато и контролируется тахогенератором. Передний конец червяка имеет две острые кромки А — ножи, которые соскабливают материал со стенок в конической головке цилиндра. Удельное давление литья составляет $15 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$. Привод механизма запирания гидравлический. На машине предусмотрены регулировка давления, скорости впрыска, противодавления шнека, силы запирания формы. Предусмотрено изменение скорости перемещения подвижной плиты при смыкании и размыкании формы. Машина работает в наладочном, полуавтоматическом и автоматическом режимах.

Для нагревания инжекционного цилиндра (до 363° К) аналогичных литьевых машин и поддержания необходимого температурного режима применена автоматическая водонагревательная станция. Температура воды регулируется с точностью до $\pm 274^\circ \text{ К}$.

Станция (рис. 84) состоит из двух одинаковых систем, включающих в себя два центробежных насоса 1 производительностью

20 л/мин, электронагреватели 2 мощностью по 6 кВт, установленные в коллекторах, предохранительные клапаны 3, вентили 4, 5, 6 и 7.

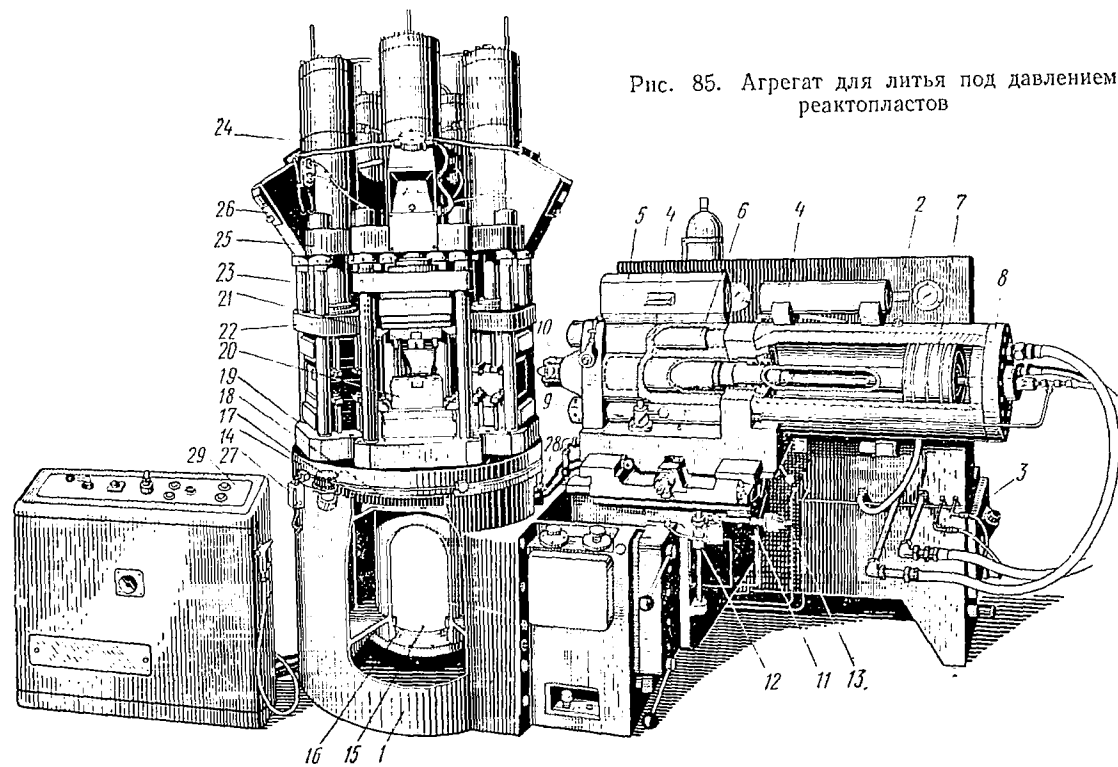
Температура воды контролируется термометрами 8 и регулируется приборами 9. Из водопроводной магистрали насос 1 подает воду в нагреватель 2 через вентиль 10. Из нагревателя вода с заданной температурой поступает через вентиль 7 к инжекционному цилиндру, откуда сливается через вентиль 5 и обратный клапан 11. Теплоотдача воды, поступающей в цилиндр, регулируется путем изменения расхода воды вентилями 4 и 7; снижение температуры воды и охлаждение инжекционного цилиндра — вентилем 4 (воду из инжекционного цилиндра через вентиль 4 направляют на слив), а насосом подают в систему такое же количество холодной воды.

Температуру цилиндра регулируют изменением расхода горячей воды на выходе из цилиндра.

На рис. 85 показан агрегат для литья под давлением вязких самоотверждающихся смол с различными наполнителями, например полиэфирных смол со стекловолокном. Агрегат представляет собой пятипозиционный ротационный пресс 1 с механизмом инжекции 2 и индивидуальным гидравлическим приводом 3. Барабан 4 с готовой композицией вставляют в гнездо револьверной головки 5, которую поворачивают вокруг оси 6 таким образом, чтобы отверстие загрузочного барабана совпало со штоком поршня 7 нагнетающего цилиндра 8. Положение револьверной головки фиксируется стопором 9. Сопло 10 механизма впрыска к литниковой втулке пресс-формы подводится цилиндром 11. Механизм впрыска по направляющим салазкам в поперечном и продольном направлениях перемещается соответственно шпинделями 12 и 13. Пресс имеет ротор 14, установленный на оси 15, которая опирается на упорный подшипник 16. Ротор вращается от электродвигателя через зубчатое колесо 17 и шестерню 18. На планшайбе ротора установлены пять неподвижных плит 19, к которым крепятся матрицы 20.

Пуансоны 21 пресс-формы монтируются на подвижных плитах 22, перемещающихся по направляющим колоннам 23. Каждая пресс-форма имеет автономный цилиндр 24, смонтированный на верхних неподвижных плитах 25. Обогрев пресс-форм регулируется терморегуляторами 26. Ротор поворачивается при помощи конечного выключателя 27, включающего двигатель, а фиксируется в определенной позиции стопорным устройством 28. Агрегатом управляют с дистанционного пульта 29.

Принцип работы пресса сводится к следующему. Материал загружают в барабан 4, который подводят к плунжеру цилиндра 8. Затем смесь под давлением поршня 7 через сопло 10 впрыскивается в гнездо сомкнутой пресс-формы. Изделия отверждаются за время одного оборота формы, затем пресс-формы размыкаются и изделия извлекаются из них.



§ 4. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ

Вертикальные литьевые машины в зависимости от расположения механизма инъекции и механизма запирания формы подразделяются на машины, в которых: а) механизм запирания формы и механизм впрыска установлены в вертикальном положении; при этом разъем формы происходит в горизонтальной плоскости; б) механизм впрыска установлен вертикально, а механизм запирания формы расположен в горизонтальной плоскости; подобное расположение узлов рекомендуется при работе с глубокими формами; в) механизм запирания формы и механизм впрыска расположены под углом $\frac{\pi}{2}$ рад один к другому и под углом $\frac{\pi}{4}$ рад к плоскости пола; подобное расположение узлов рекомендуется использовать, когда выталкивание изделий из формы затруднено; г) механизм запирания формы расположен вертикально, а инъекционный механизм горизонтально; в этом случае удобно отливать изделия с арматурой.

Вертикальные машины занимают небольшую производственную площадь, при этом облегчается доступ к плитам машины и к форме, а также обеспечивается ведение процесса литья без предварительной пластикации материала для машин поршневого типа.

На рис. 86 показана литьевая машина с вертикальным расположением механизма запирания формы, предназначенная для формования изделий из полипропилена, полиэтилена высокого и низкого давления, полистирола, акриловых смол и непластицированного поливинилхлорида. Вертикальная машина состоит из станины 1, механизма впрыска, расположенного горизонтально, механизма запирания формы, гидравлического оборудования и электрооборудования, расположенного в отдельном передвижном пульте 2.

Одним из преимуществ вертикального расположения узла запирания формы помимо экономии производственной площади является большой диапазон хода подвижной плиты. Механизм запирания формы состоит из неподвижной плиты 3 и подвижной плиты 4, перемещающейся по четырем направляющим колоннам 5. В верхней части пресса установлен гидроцилиндр 6. Подвижная плита крепится к штоку поршня 7 цилиндра.

Подвижная и неподвижная плиты имеют отверстия для направляющих колонн и крепления полуформ, а плита 3 — также центральное отверстие для подвода сопла 8 к линтиковой втулке формы. Для машин данного типа характерна высокая скорость раскрытия и запирания формы, что достигается наличием аккумулятора 9, установленного на гидроцилиндре. Давление запирания формы регулируется редукторным клапаном 10, а контролируется манометром. Работа механизма запирания формы управляется концевыми выключателями.

Пластикация и инъекция материала, поступающего из бункера 11, производится червяком 12, на конце которого имеется обратный клапан, служащий одновременно инъекционным плунжером. Во время впрыска клапан закрывается, что исключает обратное движение расплава по виткам червяка. Вращение червяк полу-

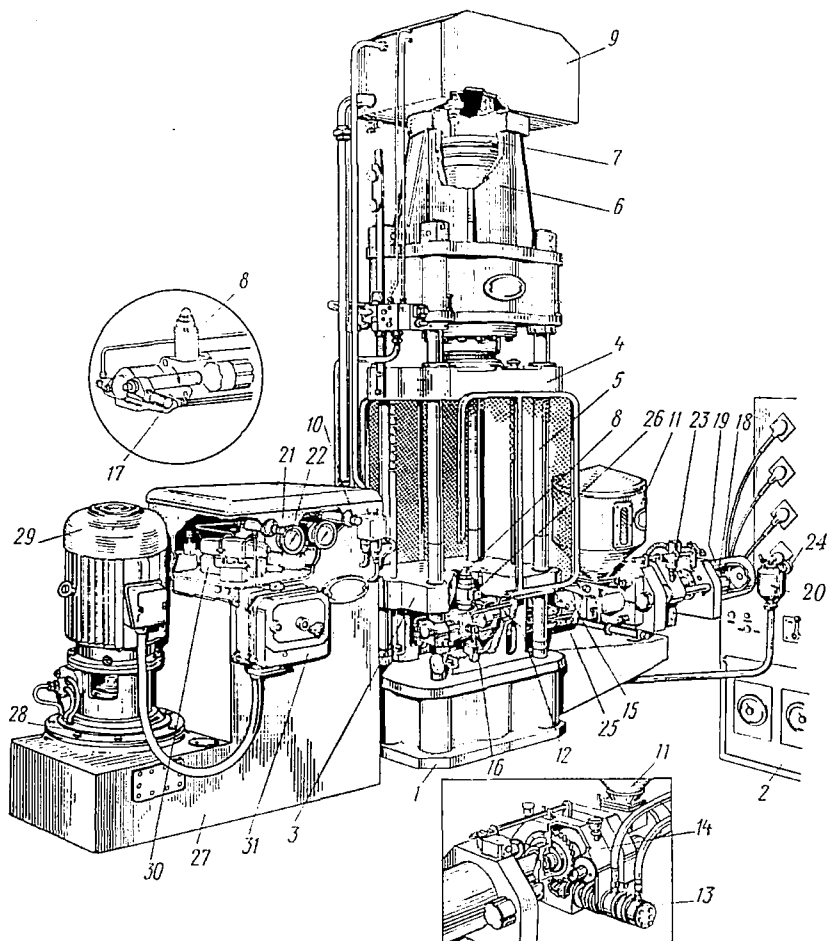


Рис. 86. Вертикальная литьевая машина

чает от гидромотора 13 через червячный редуктор 14, шестерня которого укреплена на валу пластицирующего червяка обогревательного цилиндра 15. Корпус редуктора жестко соединен с червяком-плунжером и движется вместе с ним по направляющим. Подъем и опускание переднего конца обогревательного цилиндра с соплом 8 производится двумя гидроцилиндрами 16, корпуса которых крепятся к станине, а штоки их поршней — к обогре-

вательному цилиндру. Для достижения надежного уплотнения места контакта сопла и литниковой втулки, а также для отрыва литника в конце цикла обогревательный цилиндр выполнен качающимся.

Между цилиндром впрыска и соплом установлен клапан 17, который автоматически открывается в момент впрыска и закрывается во время пластикации, предотвращая утечку материала через сопло. Гомогенный расплав в форму впрыскивается при помощи червяка, получающего поступательное движение от поршня 18 цилиндра 19. Скорость впрыска регулируется дросселем 20, а давление — редукционным клапаном 21 и контролируется манометром 22. Объем впрыска регулируется обратным ходом червяка, величина которого определяется положением упора, укрепленного на корпусе редуктора и останавливающего гидромотор привода червяка нажатием на конечный выключатель. Обратный ход при автоматическом режиме регулируется рукояткой 23, при ручном — маховиком 24. Обогревательный цилиндр и сопло нагреваются электронагревателями 25 и 26, температура регулируется терморегуляторами. Горловина загрузочного бункера и загрузочная зона обогревательного цилиндра охлаждаются водой. Гидравлическое оборудование машины состоит из масляного резервуара 27, насоса 28, приводимого в движение электродвигателем 29, и клапанно-распределительного устройства 30. Электродвигатель включается пускателем 31. Безопасность работы обеспечивается двумя ограждениями, закрывающими доступ к форме, и системой блокировки, которая отключает машины, если поднимается хотя бы одно ограждение.

Для изготовления двухцветных изделий с арматурой и деталей из двух различных видов термопластов применяют вертикальные двухцилиндровые червячные литьевые машины (комбинированные). Конструкция машин подобного типа позволяет осуществлять семь различных вариантов установки механизма смыкания формы: пять из них с одним инжекционным цилиндром и два с двумя инжекционными цилиндрами.

На станине 1 машины (рис. 87) монтируются два механизма впрыска, механизм запирания формы, гидропривод и аппаратура управления и контроля, при этом механизм запирания формы и один инжекционный цилиндр расположены горизонтально, а второй установлен вертикально. Для удобства перестановки механизмов впрыска и запирания формы имеются две полые вращающиеся крестовины 2, закрепленные на передней неподвижной плите. Через крестовины проходят направляющие колонны 3 механизма запирания формы и колонны 4 механизма впрыска, которые крепятся винтами 5.

Положение механизма впрыска и механизма замыкания формы с максимальным углом поворота на 180° изменяется червяком 6 и червячной шестерней 7, при этом крестовины в определенном положении фиксируются гайками 8. Механизм смыкания формы

состоит из передней 9 и задней 10 неподвижных плит и подвижной плиты 11, перемещающейся по направляющим колоннам при помощи коленчато-рычажного мультипликатора 12 и цилиндра 13, который крепится на рычагах 14. Рабочая жидкость к цилиндру подается по гибким трубопроводам 15. По высоте форма устанавливается механизмом регулировки 16. Ход подвижной плиты

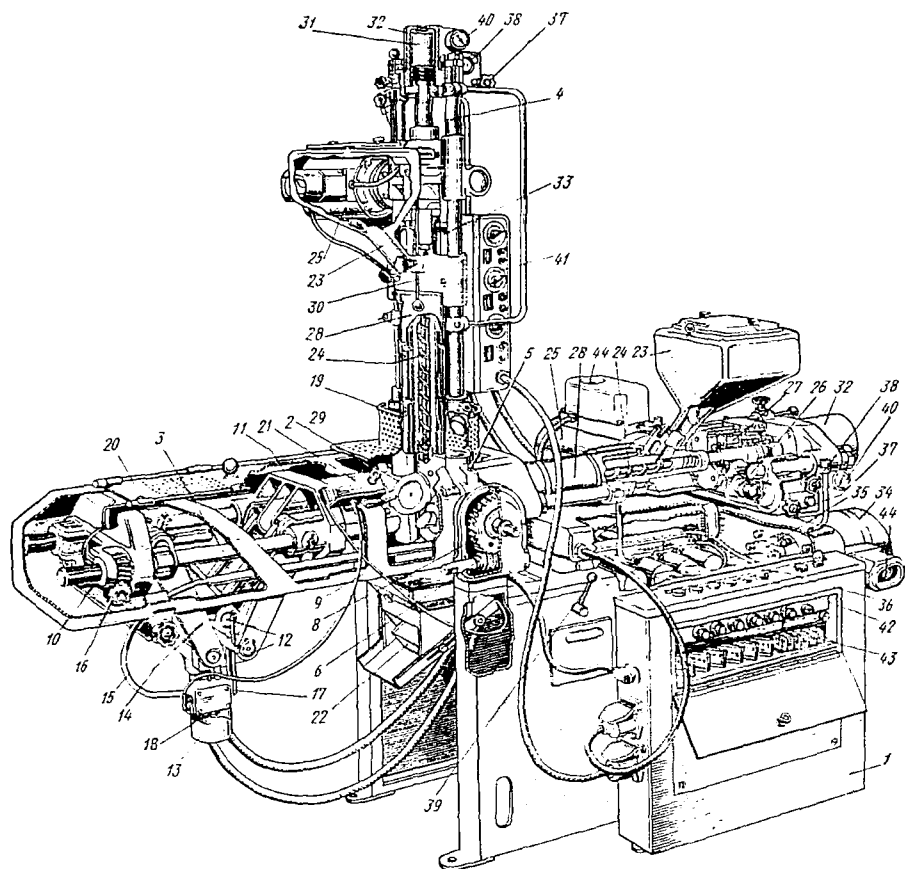


Рис. 87. Вертикальная двухцилиндровая литейная машина

ограничивается конечным выключателем, который срабатывает при нажатии кулачка 17. Положение конечного выключателя регулируется маховиком 18. В целях техники безопасности плита закрыта неподвижной 19 и подвижной решетками 20. При открытой подвижной решетке срабатывает конечный выключатель 21, и процесс литья прекращается. Для предохранения формы от повреждения на лотке 22 устанавливаются щиток и конечный выключатель, который не подает сигнал на начало следующего цикла,

пока не выпадет изделие из формы. Для смазки всех подвижных частей механизма запирания формы установлены пресс-масленки. Материал, поступающий из бункеров 23, пластицируется червяками 24, получающими вращение от электродвигателя 25 через червяк 26 и червячное колесо 27. Во время пластикации инжекционные цилиндры 28 под давлением расплава движутся вперед. В момент окончания пластикации сопла с обратным клапаном 29 находятся на расстоянии 5 мм от литниковой втулки формы. Движение инжекционных цилиндров вперед ограничивается толкателями 30, нажимающими на конечные выключатели, которые дают сигнал на окончание вращения червяков. Расплав впрыскивается в форму червяками, получающими поступательное движение от поршней 31 цилиндров 32 через кольцевую разрезную муфту, при этом червяки, двигаясь вперед, подводят сопла инжекционных цилиндров до соприкосновения с формой. По окончании впрыска червяки и цилиндры отводятся в первоначальное положение. Червяки и инжекционные цилиндры соединяются между собой специальным фрикционным механизмом 33. Гидропривод состоит из электродвигателя 34, насоса 35, масляного бака с фильтром и блока золотников с электромагнитным управлением 36, установленных на крышке бака. Давление и скорость литья регулируются редукционными клапанами 37 и дросселями 38, а скорость запирания формы — дросселем 39. Давление литья контролируется манометрами 40. Инжекционные цилиндры нагреваются в трех зонах электронагревательными элементами. Температура цилиндров регулируется электронными терморегуляторами 41. Кнопки ручного управления 42, переключателя и приборы управления размещены на пульте 43. На электродвигателях приводов червяков и насоса установлены переключатели 44.

§ 5. МНОГОПОЗИЦИОННЫЕ ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ

Многопозиционные литьевые машины производительней однопозиционных вследствие наличия рациональных нагревательной и охлаждающей систем и нескольких позиций впрыска и запирания форм. Однако необходимо учитывать, что производительность и экономичность машин значительно возрастают только при крупносерийном и массовом формовании изделий.

Многопозиционные машины классифицируются на револьверные, револьверно-роторные и роторные. Револьверные имеют одну позицию впрыска и несколько позиций запирания форм, расположенных на подвижном столе (барабане). Револьверно-роторные имеют неравное количество позиций впрыска и запирания форм. Роторные имеют одинаковое количество позиций впрыска и запирания форм.

Многопозиционные машины в зависимости от плоскости вращения ротационного стола с формами подразделяются на машины с горизонтальной и вертикальной осями вращения.

Горизонтальная револьверная машина для литья под давлением и принципиальная схема показаны на рис. 88, а и б. На станине 1 машины смонтированы механизм впрыска и механизм за-
пиранья формы. Механизм впрыска представляет собой обогре-
вательный цилиндр 2 с червяком 3. Вращение червяка осуществ-
ляется через редуктор 4, а поступательное движение — поршнем 5

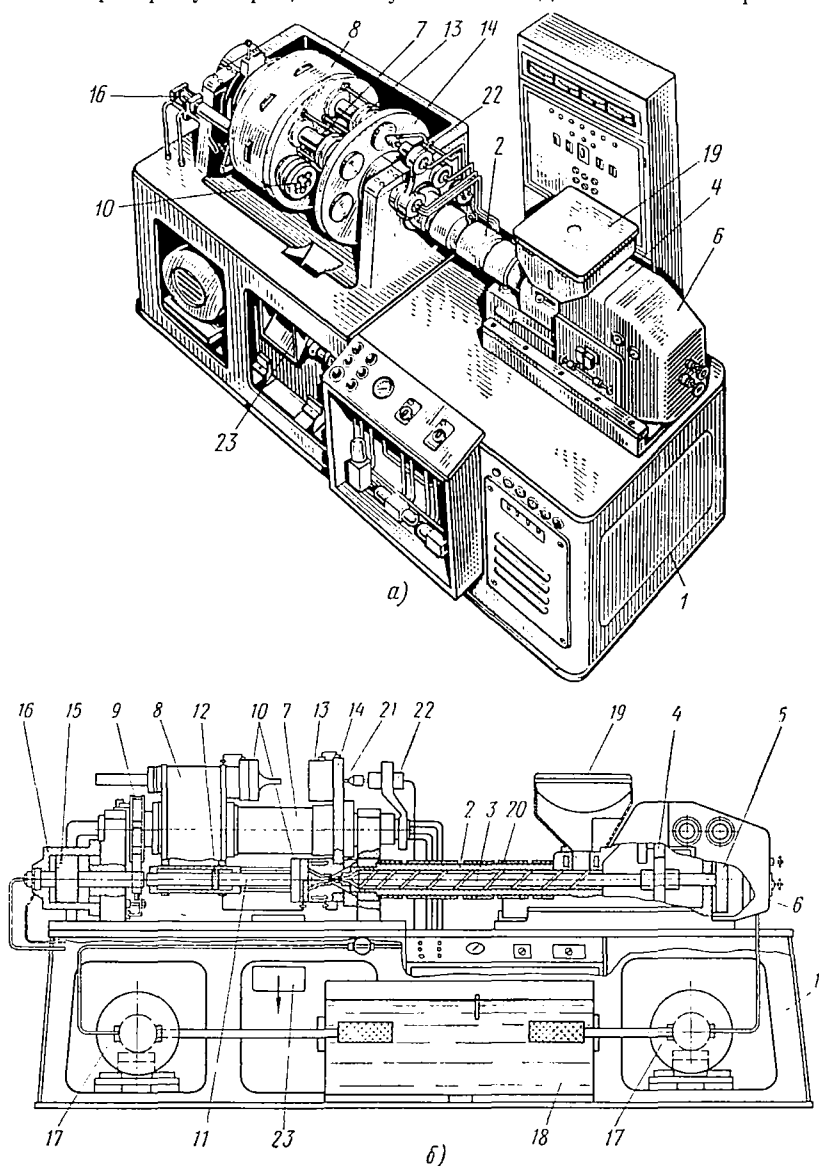


Рис. 88. Горизонтальная ротационная машина для литья под давлением (а) и схема ее работы (б)

гидроцилиндра 6. На оси 7 смонтирована шестипозиционная поворотная револьверная головка 8. Поворот головки производится храповым механизмом 9. Левые полуформы 10 крепятся к штокам 11 гидроцилиндров 12 (двустороннего действия), а правые 13 — к диску 14.

Цилиндры 12 предназначены для запираания и раскрывания формы. Окончательно форма запирается поршнем 15 цилиндра 16. Гидропривод состоит из двух насосов 17 с электродвигателями и маслобака 18.

Материал, поступающий из бункера 19, захватывается червяком, расплавляется при помощи электронагревателей 20, пластицируется и транспортируется в конусную часть инъекционного цилиндра. Одновременно механизм запираания формы с помощью цилиндра 16 перемещается к механизму впрыска. При этом открывается клапан сопла обогревательного цилиндра. Затем происходит инъекция расплава в форму и выдержка материала под давлением, после чего механизм запираания форм отходит в первоначальное положение под действием возвратных пружин. Далее револьверная головка поворачивается в следующую позицию и удаляется литник иглой 21, которая приводится в движение гидроцилиндром 22. В следующих позициях раскрываются формы при помощи цилиндров 12, свинчиваются изделия (при получении резьбовых деталей) и сбрасываются по течке 23 в тару. Формы охлаждаются водой.

Револьверно-роторные и роторные машины отличаются от описанной непрерывностью перемещения стола, причем у первых выдержка под давлением производится только в позициях впрыска, а у вторых в любой позиции.

§ 6. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В 50-е годы выпускались литьевые машины модели ЛМ (ЛМ-50, ЛМ-125, ЛМ-250 и ЛМ-1000). В 60-е годы машины модели ТП (ТП-16, ТП-32, ТП-63, ТП-125, ТП-250, ТП-500, ТП-1000). К 1965 г. начали выпускаться улучшенные конструктивно машины модели ТП с индексом «М», «у» и «А». С 1966 г. начали выпуск машин модели Д (Д3322, Д3325, Д3328, Д3231, Д3234, Д3237, Д3240); техническая характеристика этих машин дана в табл. 14.

Литьевые машины модели Д — горизонтального типа с разъемом литьевых форм в вертикальной плоскости, инъекционная часть машины — червячного типа одноцилиндровой конструкции. Механизмы запираания формы двух типов: гидромеханической и гидравлической конструкций. Вся электроаппаратура смонтирована в отдельном электрошкафу.

На рис. 89 показана литьевая машина Д3231. На станине 1 машины смонтированы механизм инъекции 2 одноцилиндровой конструкции с поворачивающимся бункером 3 и гидромеханиче-

Техническая характеристика отечественных литьевых машин

Параметры	Значения параметров для моделей						
	Д3322	Д33 5	Д3328	Д3331	Д3334	Д3337	Д3340
Максимальный объем впрыскиваемого материала за один цикл в см ³	16	32	63	125	250	500	1000
Сила закрытия формы в кН	180	320	560	1000	1800	3200	6300
Удельное давление на материал при максимальном объеме отливки в МН/м ²	120	140	140	160	160	180	180
Ход подвижной плиты в мм	160	200	210	320	400	500	630
Максимальное расстояние между подвижной и неподвижной плитами в мм	320	400	500	630	800	1000	1250
Регулировка расстояния между подвижной и неподвижной плитами в мм	—	90	110	140	180	220	280
Расстояние между колоннами в мм:							
по горизонтали	200	250	320	400	500	630	800
по вертикали	—	—	—	320	400	500	630
Время одного закрытия и раскрытия формы в с	1,8	2,5	3,6	5	7	10	14
Время впрыскивания материала в форму в с	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3,2
Масса машины (без гидро- и электрооборудования) в кг	1400	2000	3200	5000	8000	12 000	22 000

ский механизм запираения формы 4. Гидрооборудование машины и масляный бак установлены в станне.

Инжекционный цилиндр 1 (рис. 90) крепится к корпусу 2 механизма впрыска с помощью цапфы 3, которая фиксируется в рабочем положении призмой и зажимается сухарями 4. Червяк 5 получает вращение от гидродвигателя 6 через червячную передачу 7 и вал 8, соединенный с червяком муфтой 9. Аксиальные нагрузки при работе червяка воспринимаются упорным подшипником 10, установленным в поршне 11 гидроцилиндра 12; последний крепится к корпусу 2 механизма впрыска шпильками 13. Все три зоны цилиндра обогреваются электронагревателями 14 (общей мощностью 6 кВт), температура измеряется и контролируется датчиками 15 терморпар и терморегуляторами.

Механизм запираения формы гидромеханической конструкции (рис. 91) состоит из цилиндра 1, который через систему рычагов 2 перемещает подвижную плиту 3. Неподвижные плиты 4 и 5 связаны четырьмя колоннами 6. Цилиндр шарнирно закреплен на

каретке 7, которая вместе с системой рычагов может перемещаться по направляющим колоннам 6 при регулировании расстояния между плитами. Каретка перемещается от накладной рукоятки через винтовую передачу 8.

На рис. 92 показан механизм запирания гидравлической конструкции машины модели Д3234.

Неподвижные плиты 1 и 2 соединены четырьмя колоннами 3 и закреплены гайками 4. Плита 1 выполнена за одно целое с гидроцилиндром, в котором перемещается полый плунжер 5. К плунжеру прикреплена промежуточная плита 6 с защелкой 7. При

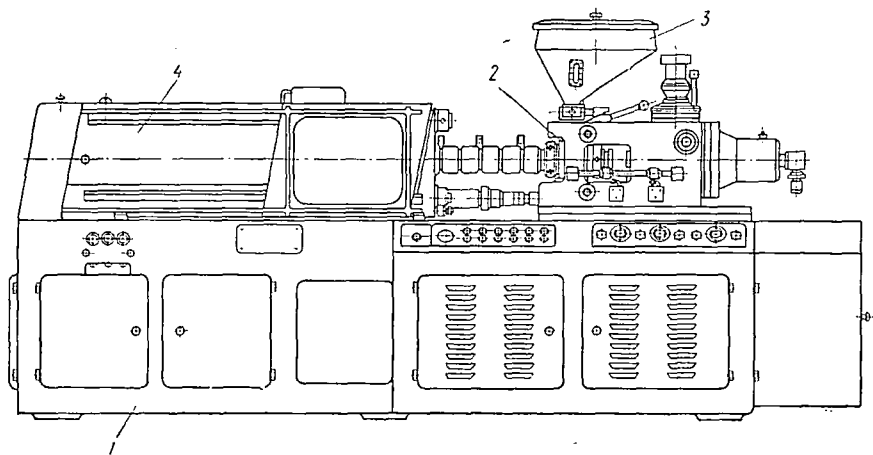


Рис. 89. Литьевая машина Д3231

смыкании формы два цилиндра 8 через штоки 11 ускоренно перемещают вправо подвижную плиту 9 с выводом штока 10 из плунжера 5. Одновременно защелка 7 с помощью цилиндра 12 закрывает отверстие между штоком 10 и плунжером 5. Сила запирания от плунжера 5 через защелку 7 и шток 10 передается плите 9 с подвижной полуформой. При регулировании зазора между плитами 2 и 9 за счет изменения объема поршневой полости цилиндра запирания (плиты) 1 происходит перемещение плунжера 5, плиты 6 с защелкой 7 и цилиндрами 8. Необходимая сила запирания создается мультипликатором, установленным в гидросистеме.

На рис. 93 показаны основные узлы и гидравлическая схема машины модели Д3328. На сварной станине и внутри нее смонтированы механизмы инъекции и запирания, гидроаппаратура, гидрокommуникации, электропульт управления и регулирующая аппаратура.

Инжекционный узел закреплен на станине неподвижно. На передней плите расположен инжекционный цилиндр 1, внутри которого находится червяк. Вращение червяку передается от гидромотора 2 через червячный редуктор 3. Осевые нагрузки, возни-

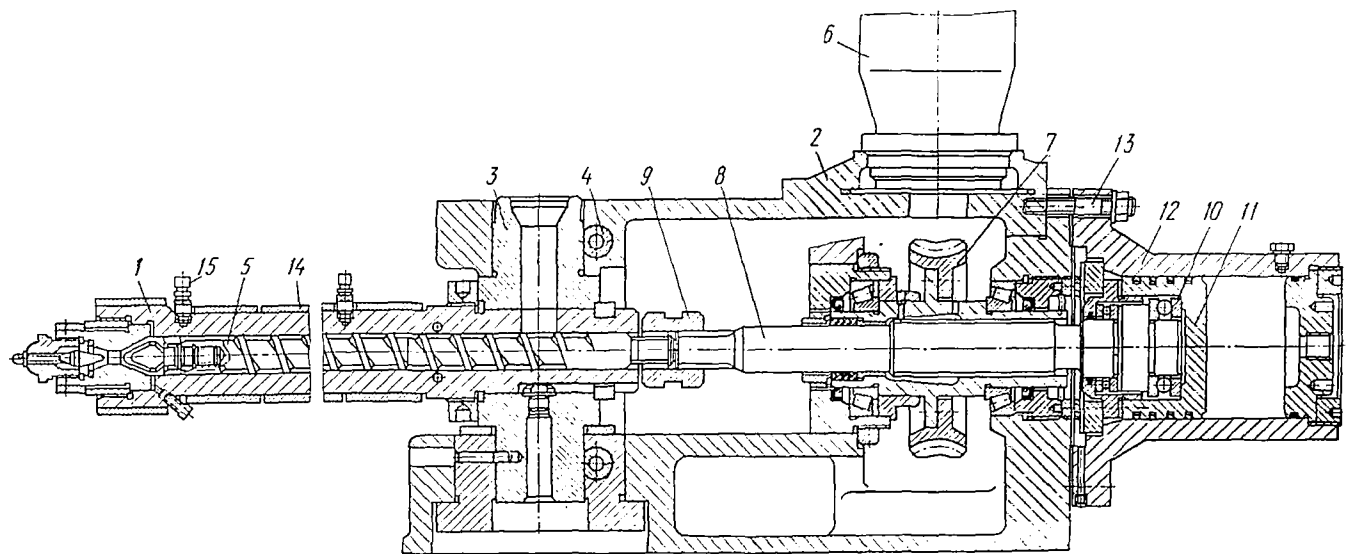


Рис. 90. Инжекционный цилиндр литейной машины Д3231

кающие при работе червяка, воспринимаются упорным подшипником, расположенным в поршне 4 цилиндра 5 впрыска. Через крышку цилиндра проходит стержень 6, связанный с поршнем. На стержне имеются гайки, с помощью которых регулируется переднее (для сброса давления) и заднее (для набора порции) положения червяка при его перемещении. Инжекционный цилиндр имеет три зоны обогрева (мощность каждой зоны 1 кВт). Загрузочное отверстие цилиндра охлаждается. Температура каждой зоны контролируется терморегулятором, напряжение тока в каждой зоне — автотрансформаторами. Инжекционный цилиндр снабжается несколькими червяками со сменными наконечниками и соплами, предназначенными для переработки различных термопластичных материалов.

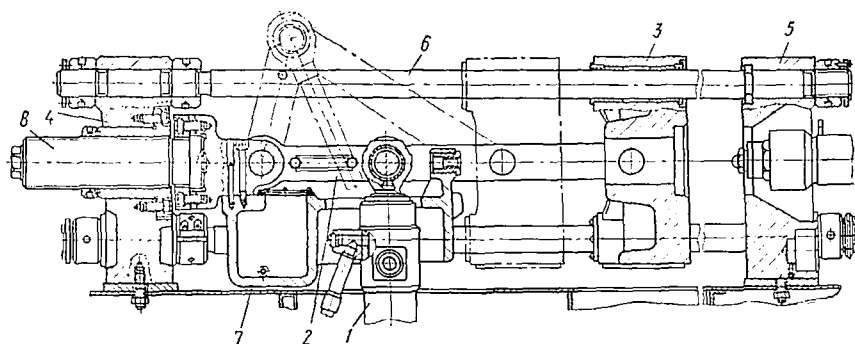


Рис. 91. Гидромеханический механизм смыкания формы литейной машины Д3231

Бункер 7 прикреплен на кронштейне к плите и соединен с цилиндром 1 рукавом. Сопло от формы для отрыва литника отводится передней подпружиненной плитой 8. Гидромеханический механизм запирания состоит из качающегося цилиндра 9 и системы рычагов 10. Расстояние между плитами регулируется винтовым устройством 11 при вращении гайки. Положение плиты 8 регулируется в пределах 10 мм упорными гайками и контргайками 12 на колоннах 13. Гидроцилиндр 14 предназначен для перемещения плиты 8 на наладочном режиме.

Цикл начинается с нажатия кнопки управления. Включаются электромагниты 1Э и 2Э. Реверсивный золотник 15 перемещается влево, и масло под давлением, нагнетаемое насосом 16, по трубопроводам 17 и 18 через блокировочный золотник 19 поступает в штоковую полость цилиндра 9, при этом поршень 20 перемещается вниз, рычаги 10 выпрямляются, и подвижная плита 21 смыкает форму. Одновременно масло из рабочей полости цилиндра 9 сливается в бак.

В конце хода подвижной плиты 21 срабатывает конечный выключатель 1КВ, включаются электромагниты 3Э и 4Э, при этом золотники 23 и 24 передвинутся соответственно вправо и влево.

Общий поток масла от двух насосов 16 (100 л/мин) и 25 (8 л/мин), приводимых электродвигателем 26, проходит по магистрали, включая обратный клапан 27, золотники, трубопроводы 17, 28, 29, и заполняет рабочую полость цилиндра 5, вследствие чего поршень 4, перемещаясь влево, впрыскивает материал в форму.

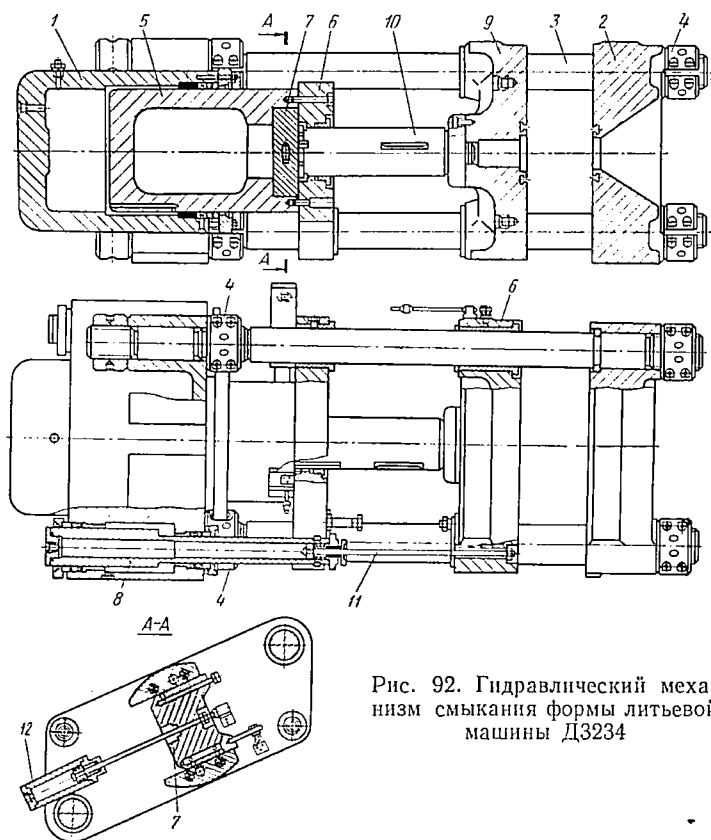


Рис. 92. Гидравлический механизм смыкания формы литейной машины Д3234

В конце хода червяка срабатывает конечный выключатель 2КВ, электромагниты 1Э, 2Э, 4Э отключаются, и включается реле времени выдержки материала под давлением.

По мере увеличения давления в системе инъекции срабатывает золотник 30, и масло от насоса 16 сливается в бак. Дожатие и выдержка под давлением происходят за счет давления масла, создаваемого насосом 25, при этом давление в системе цилиндра контролируется напорным золотником 31. Затем отключаются реле времени выдержки под давлением и электромагнит 3Э; включаются реле времени выдержки под охлаждением и электромагниты 5Э и 1Э, а золотники 30 и 23 перемещаются в противоположных направлениях, при этом прекращается слив из насоса 16, и масло по трубопроводу 17 поступает в гидромотор. Скорость

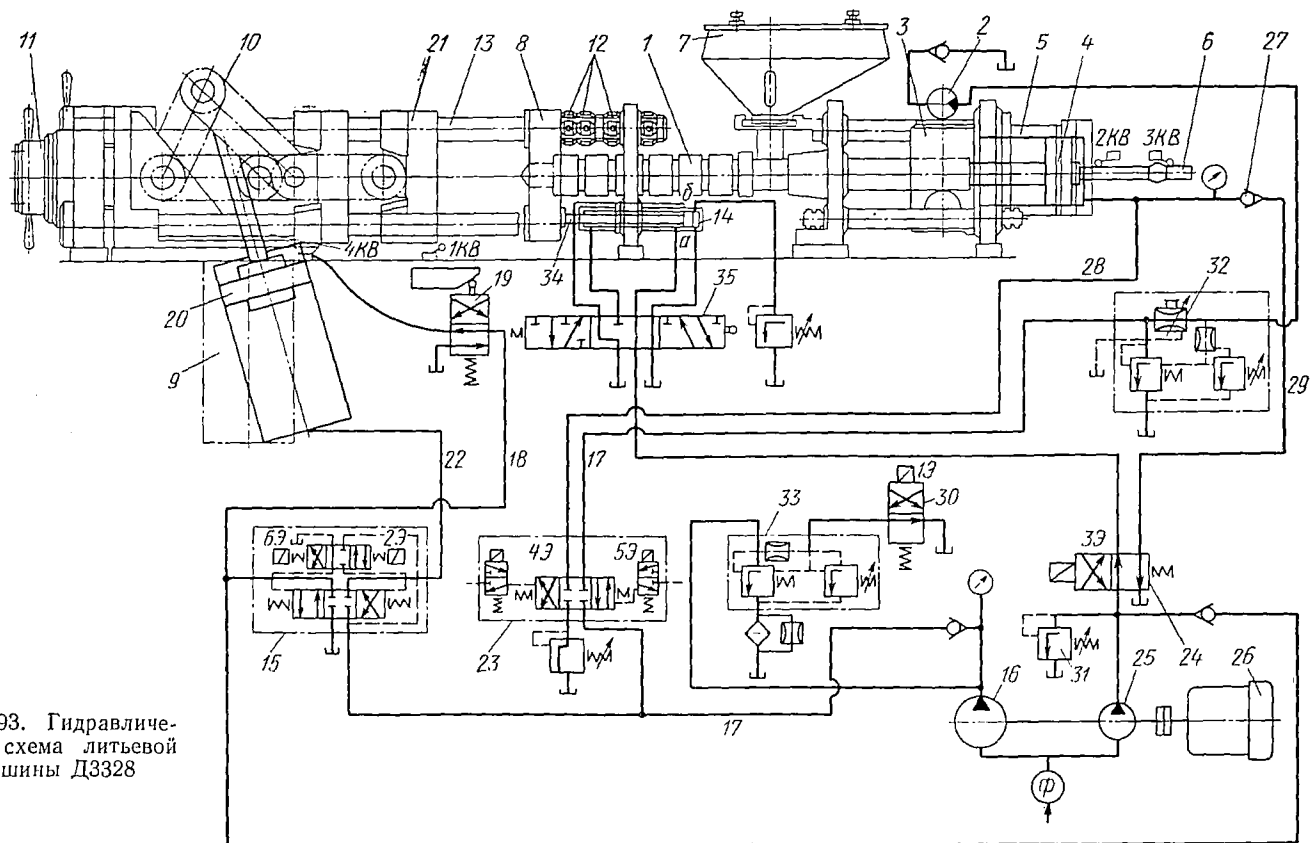


Рис. 93. Гидравлическая схема литейной машины Д3328

вращения червяка регулируется дросселем 32. Масло из цилиндра 5 проходит на слив через трубопровод 28. В конце хода червяка срабатывает конечный выключатель 3КВ, который отключает электромагниты 5Э и 1Э, и насос 16 работает на слив через клапан 33 и золотник 30.

После охлаждения изделий в форме реле времени выдержки под охлаждением отключается, включаются электромагниты 1Э и 5Э, и масло поступает в цилиндр 9 по трубопроводам 17 и 22, поршень 20 перемещается вверх, и форма раскрывается. При движении подвижной плиты 21 влево вместе с ней движется под действием пружин передняя плита 8 и поршень 34 цилиндра 14. Плита 8 перемещается, пока поршень 34 перекроет отверстия а и б. Цилиндр 14 управляется золотником 35. В конце хода подвижной плиты нажимается конечный выключатель 4КВ, отключаются электромагниты 1Э, 6Э и включается реле времени, паузы между циклами.

§ 7. РАСЧЕТ ЛИТЬЕВЫХ МАШИН

Основной частью литейной машины является инжекционный узел, который можно классифицировать по следующим признакам: в зависимости от количества инжекционных цилиндров — одноцилиндровые, двухцилиндровые и трехцилиндровые; в зависимости от нагнетающего устройства — поршневые и червячные, причем последние бывают одночервячные и двухчервячные; в зависимости от соотношения процессов пластикации и инъекции между собой — совмещенные и отдельные, причем последние могут быть с осевым перемещением червяка и без перемещения.

Наибольшее распространение получили одноцилиндровые червячные инжекционные узлы с отдельной пластикацией и инъекцией материала. Инжекционный цилиндр можно разбить на три зоны: загрузки, пластикации и дозирования.

Конструкция и размеры червяка зависят от технологических режимов пластикации и физико-механических свойств полимера. В зависимости от этого червяки можно разделить на четыре группы.

Для переработки: 1) аморфных и кристаллических материалов (полистирол, полиэтилен и др.); 2) материалов с резко выраженной кристаллической структурой (полиамиды и др.); 3) непластифицированного поливинилхлорида, полиформальдегида и др.; 4) терморезистивных материалов.

Червяки первой и второй группы имеют зоны загрузки, пластикации (сжатия) и дозирования; третьей группы — зоны загрузки и пластикации; четвертой группы — только зону пластикации. Червяки в зависимости от принадлежности к одной из групп имеют следующие размеры.

Для первой группы $\frac{L}{D} = 11 \div 15$; $l_1 = 0,4L$; $l_2 = 0,35L$; $l_3 = 0,25L$; степень сжатия 2,5—3 (L и D — длина и диаметр

червяка, l_1 , l_2 и l_3 — длина загрузки, зоны пластикации и зоны дозирования). Червяки этой группы имеют наконечники с обратным кольцевым клапаном (рис. 94, а), а инжекционные цилиндры — сопла открытого типа (рис. 94, б) или самозапирающиеся со скользящим штоком (рис. 94, в).

Для второй группы $\frac{L}{D} = 13 \div 18$; $l_1 = 0,55L$; $l_2 = 0,15L$; $l_3 = 0,3L$; степень сжатия 2—2,5; наконечник такой же, как и для первой группы; сопло самозапирающееся с игольчатым клапаном (рис. 94, г).

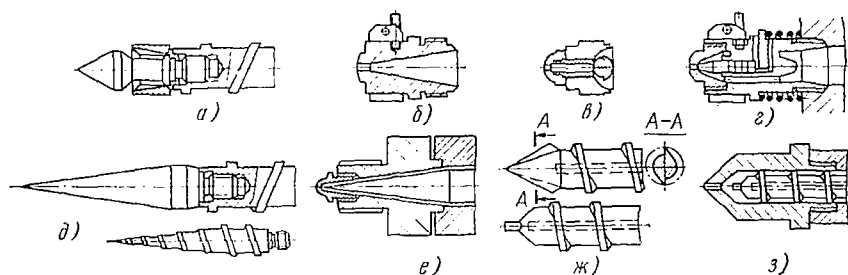


Рис. 94. Наконечник червяков и сопла инжекционных цилиндров:

а — с обратным клапаном; б — сопло открытого типа; в — сопло самозапирающееся со скользящим штоком; г — сопло самозапирающееся с игольчатым клапаном; д — наконечник конический; е — сопло открытого типа с профилем наконечника; ж — наконечник конический; з — сопло открытого типа

Для третьей группы $\frac{L}{D} = 15 \div 18$; $l_1 = 0,4L$; $l_2 = 0,6L$; степень сжатия 1,5—2; наконечник конический (рис. 94, д) с углом 20—30°; сопло открытого типа (рис. 94, е), внутренний профиль которого соответствует конфигурации наконечника.

Для четвертой группы $\frac{L}{D} = 12 \div 16$; степень сжатия 0,8—1; наконечник конический (рис. 94, ж) с углом 40—60° и ножевыми лопастями, предназначенными для очистки внутренней полости сопла; сопло открытого типа (рис. 94, з), выполненное за одно целое со съемной передней частью инжекционного цилиндра.

В машинах одноцилиндровой конструкции червяк не только пластицирует материал, но и выполняет функцию поршня, подающего материал в форму. При расчете литевых машин необходимо учитывать, что за один ход червяка должна выдавливаться определенная порция материала и что должна быть обеспечена расчетная пластикационная производительность.

Приближенно инжекционный узел можно рассчитывать в следующей последовательности [18]. По заданному номинальному объему отливки V_0 с учетом сжатия и утечек материала по червяку определяют расчетный объем отливки машины и диаметр червяка.

Расчетный объем отливки

$$V_p = V_o \kappa, \quad (156)$$

где $\kappa = 1,25 \div 1,3$ — коэффициент, определяемый утечками; V_p можно также выразить через ход H и диаметр D червяка в м.

$$V_p = \frac{\pi D^2}{4} H = \frac{\pi D^3}{4} c, \quad (157)$$

где $c = 1,5 \div 3$ — отношение хода червяка к диаметру червяка.

Из уравнений (156) и (157) находим

$$D = \sqrt[3]{\frac{4}{\pi} \cdot V_o \cdot \frac{\kappa}{c}}.$$

Далее по заданному давлению P литья, давлению P_1 рабочей жидкости и диаметру D определяют диаметр поршня гидроцилиндра:

$$d = \sqrt[3]{\frac{P}{P_1} D^3}. \quad (158)$$

Диаметр d корректируют по нормализованному ряду диаметров и по найденному значению определяют фактический диаметр червяка.

Массовую пластикационную производительность m_t определяют с учетом подготовки нужного количества материала за время $t_{пл}$ по следующей формуле:

$$m_t = \frac{V_o \rho}{t_{пл}}, \quad (159)$$

где V_o — объем отливки в м³; ρ — плотность материала в кг/м³;

$$t_{пл} = t_{охл} + t_{см} + t_{раз};$$

$t_{охл}$ — время охлаждения материала в форме после выдержки под давлением; $t_{см}$ и $t_{раз}$ — время смыкания и размыкания формы.

Более точно объемную производительность V_t литьевой машины можно определить с учетом пластикационной способности, зависящей от величины прямого потока расплава, величины обратного потока по винтовому каналу червяка и величины утечек материала через кольцевые зазоры между гребнем червяка и цилиндра:

$$V_t = \left\{ \left[\left(\frac{\pi n h}{2} b D \cos^2 \varphi - \frac{b h^3}{12 L} \cdot \frac{\rho}{\mu} \sin \varphi \cos \varphi - \frac{\pi^2 \delta^2 D^2 \operatorname{tg} \varphi \Delta \rho}{10 \mu \epsilon L} \right) \frac{t_p}{t_u} \right] - \sum V_{гр} \right\}, \quad (160)$$

где n — скорость вращения червяка в об/с; h — глубина винтового канала червяка в м; b — ширина винтового канала вдоль оси червяка в м; D — наружный диаметр червяка в м; φ — угол

подъема винтовой линии в град; L — длина червяка в м; ρ — развиваемое червяком давление в H/M^2 ; μ — вязкость расплава в $\text{H}\cdot\text{c}/\text{M}^2$; δ — радиальный зазор между гребнем червяка и цилиндра в м; e — ширина гребня одного витка в м; Δp — перепад давления расплава до и после гребня одного витка в H/M^2 ; t_p — длительность работы червяка в течение одного цикла в с; $t_{\text{ц}}$ — длительность цикла в с;

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{см}} + t_{\text{впр}} + t_{\text{выд}} + t_{\text{охл}} + t_{\text{рад}},$$

$t_{\text{впр}}$ и $t_{\text{выд}}$ — время впрыска и выдержки материала в форме под давлением; $\sum V_{\text{бр}}$ — величина суммарных потерь материала на бракованные изделия и литники.

Объемная производительность V_t и массовая пластикационная производительность m_t многопозиционных машин определяется по следующим формулам:

$$V_t = \frac{V_0}{t_{\text{ц}}} \text{ M}^3/\text{с}; \quad m_t = \frac{V_0 \rho}{t_{\text{пл}}}, \quad (161)$$

где $t_{\text{ц}}$ — расчетное время цикла в с; $t_{\text{пл}}$ — время пластикации в с.

Для револьверной машины

$$t_{\text{ц. р}} = t_{\text{впр}} + t_{\text{выд}} + t_{\text{п}} + t_{\text{пов}};$$

$$t_{\text{пл. р}} = t_{\text{пов}} + t_{\text{п}}.$$

Для револьверно-роторной машины

$$t_{\text{ц. р-р}} = \frac{t_{\text{ц}}}{n}; \quad t_{\text{пл. р-р}} = \left(\frac{k}{c} - 1 \right) t_{\text{выд}}.$$

Для роторной машины

$$t_{\text{ц. рот}} = t_{\text{ц. р-р}};$$

$$t_{\text{пл. рот}} = t_{\text{см}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{охл}} + t_{\text{п}};$$

$t_{\text{впр}}$ — время впрыска материала в форму; $t_{\text{выд}}$ — время выдержки изделия под давлением; $t_{\text{пов}}$ — время поворота барабана (стола) на одну позицию; $t_{\text{п}}$ — пауза между операциями; n — число позиций; k — количество механизмов впрыска; c — количество механизмов впрыска, находящихся в контакте с формой.

Мощность привода, необходимую для вращения червяка, определяют по формуле, аналогичной для червячных машин непрерывного выдавливания,

$$N = \pi^2 D^2 n^2 \mu L \left(\frac{\pi D}{h} + \frac{l}{\delta \text{tg} \varphi} \right) \quad (162)$$

или по эмпирической формуле

$$N = 0,736 c D^m, \quad (163)$$

где $c = 0,15 \div 0,2$; $m = 2,5$.

Червяк рассчитывают на касательные напряжения от скручивания и нормальные напряжения от осевого сжатия, а вал червяка проверяют на гибкость. Кроме того, червяк проверяют на максимальный прогиб, причем прогиб должен быть меньше фактического зазора между витками червяка и инжекционного цилиндра.

Аксальная сила, действующая на червяк в машинах для литья под давлением, изменяется от нуля до максимума;

$$P = P_{\text{ц}} + P_{\text{в}}, \quad (164)$$

где $P_{\text{ц}} = \frac{\pi D_{\text{п}}^2}{4} \rho$ — аксальная сила, создаваемая цилиндром впрыска; $P_{\text{в}} = \frac{N}{n R_{\text{ср}} \operatorname{tg} \varphi}$ — аксальная сила, возникающая при вращении червяка; ρ — давление масла в цилиндре впрыска в Н/м³; $D_{\text{п}}$ — диаметр поршня гидроцилиндра; $R_{\text{ср}} = \frac{D+d}{2}$ — средний радиус червяка в м; d — внутренний диаметр червяка в зоне загрузки в м.

Напряжения, возникающие в опасном сечении червяка, определяются по энергетической теории прочности:

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_{\text{н}} + \sigma_{\text{сж}})^2 + 3\tau_{\text{кр}}^2}, \quad (165)$$

где $\sigma_{\text{н}} = \frac{(G + P_{\text{п.д}})L}{2W_{\text{н}}}$ — напряжения изгиба червяка;

$$G + P_{\text{п.д}} = \frac{12EJf_{\text{max}}}{5L};$$

G — сила тяжести червяка в Н; $P_{\text{п.д}}$ — сила, вызванная перепадом давления в цилиндре впрыска, в Н; $W_{\text{н}}$ — момент сопротивления изгибу в расчетном сечении в м³; E — модуль упругости материала червяка в Н/м²; J — момент инерции опасного сечения в м⁴; $\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{F}$ — напряжение сжатия; F — площадь опасного сердечника червяка в м²; $\tau_{\text{кр}} = \frac{Ni\eta}{nW_{\text{р}}}$ — напряжение кручения; i — передаточное число привода; η — к. п. д. привода; $W_{\text{р}} = 0,2d^3$ — полярный момент сопротивления кручению в опасном сечении.

Угол закручивания червяка

$$\beta = \frac{M_{\text{к.ч}}}{E_{\text{кр}}J_{\text{р}}} \leq 1,5 \div 3^\circ, \quad (166)$$

где $M_{\text{к.ч}}$ — крутящий момент на валу червяка в Нм; $E_{\text{кр}}$ — модуль упругости материала червяка на кручение; $J_{\text{р}} = 0,1 d^4$ — полярный момент инерции опасного сечения в м⁴.

При проектировании литьевой машины гидромотор подбирают по необходимому моменту [18]

$$M_{\text{км}} = \frac{M_{\text{кч}}}{i\eta}, \quad (167)$$

где $M_{\text{км}}$ — расчетный крутящий момент гидромотора в Нм; i — передаточное отношение; $\eta = 0,95$ — к. п. д. передачи.

В литьевых машинах наибольшее распространение получили гидромеханические и гидравлические конструкции механизмов запирания формы.

В гидромеханических механизмах запирания формы рассчитывают основные элементы рычажной системы, ход и диаметр поршня цилиндра и максимальные силы, возникающие в силовой цепи замыкающего устройства.

При расчете привода гидравлического механизма запирания формы определяют ход подвижной плиты и диаметры цилиндров.

Диаметр плунжера рабочей полости главного запирающего цилиндра

$$D_p = \sqrt{\frac{4P}{\pi p}}, \quad (168)$$

где P — сила смыкания формы в Н; p — давление рабочей жидкости в Н/м².

Диаметр ускоренного подвода подвижной плиты

$$D_{\text{уск}} = \sqrt{\frac{4V_{\text{н}}}{\pi v_6}}, \quad (169)$$

где v_6 — скорость быстрого смыкания формы; $V_{\text{н}}$ — производительность гидронасоса в м³/с; v_3 — скорость замедленного перемещения подвижной плиты.

$$V_{\text{н}} = \frac{\pi D_p^2}{4} v_3.$$

Диаметр плунжера штоковой полости главного гидроцилиндра

$$D_{\text{ш}} = \sqrt{D_p^2 - \frac{4V_{\text{н}}}{\pi v_0}}, \quad (170)$$

где v_0 — скорость отвода подвижной плиты в м/с.

Сила P , необходимая для запирания формы, определяется площадью литья и распределением давлений в форме:

$$P = \rho \kappa S, \quad (171)$$

или по упрощенной формуле [16]

$$P = \rho_1 \kappa_1 \beta S_1, \quad (172)$$

где ρ — среднерасчетное давление в форме в Н/м²; ρ_1 — инжекционное давление в цилиндре в Н/м²; $\kappa = \frac{1}{R} \int_{r=0}^{r=R} f(r) dr$ — коэффициент, учитывающий перепад давлений по длине формы; $\kappa_1 =$

$= 0,25 \div 0,8$ — отношение давления в форме к давлению в ци-

линдре; $\beta = 1,0 \div 1,2$ — коэффициент, учитывающий вязкость материала в форме; R — радиус детали в м; S — площадь литья в м²; S_1 — площадь отливаемого изделия в м²; r — текущий радиус в м.

Размеры плит зависят от расстояния между колоннами и их диаметра. Диаметр колонн рассчитывают по заданной силе заправки формы.

Глава VII. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ НЕПРЕРЫВНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ (ЭКСТРУДЕРЫ)

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под непрерывным выдавливанием термопластов (экструзией) понимают процесс придания расплавленному материалу определенной формы при продавливании его через оформляющую головку.

Полимерный материал, поступающий из бункера 1 (рис. 95) в виде гранул или порошка, захватывается червяком 6, перемещивается, продвигается в цилиндре 2 и выдавливается последовательно через сетку 3, решетку 4 и профилирующее отверстие оформляющей головки 5. Нагрев и расплавление материала происходит от нагревателей 7 и под действием тепла, возникающего при трении в процессе работы червяка, который приводится от электродвигателя 8 через вариатор или редуктор 9 и передачу 10.

Непрерывным выдавливанием изготовляют трубы, шланги, пленку, ленту, листы, различные профили, полые изделия с последующим раздуванием их сжатым воздухом, а также гранулы. Выдавливанием можно покрывать (кашировать), в частности полиэтиленом, бумажные и тканевые ленты и металлические изделия. Процесс выдавливания используется также для пластикации термопластов, реактопластов и эластомеров, удаления из них влаги и летучих веществ.

Сырьем для изготовления изделий методом непрерывного выдавливания служат поливинилхлорид с его сополимерами, полиакрилаты, полиамиды, поликарбонаты, полиформальдегид и др.

Червячные прессы классифицируются по их производительности, конструкции и в зависимости от назначения.

Размер червячного пресса определяется внутренним диаметром цилиндра. Производительность машин с диаметром червяка 9—500 мм соответственно составляет 1,5—3000 кг/ч.

Червячные прессы различают:

а) в зависимости от количества червяков — одночервячные и многочервячные;

б) в зависимости от геометрической формы червяка — обычные и специальных типов к прессам обычного типа относятся машины с цилиндрическим червяком, с убывающим объемом винтового канала червяка; к прессам специального типа относятся машины с коническим или параболическим червяком, с полым червяком и внутренней нарезкой, с телескопическим червяком и несколькими загрузочными отверстиями, с наборным червяком из дисковых кулачков, а также прессы с червяками специальной формы для создания смешивающего и гомогенизирующего эффекта;

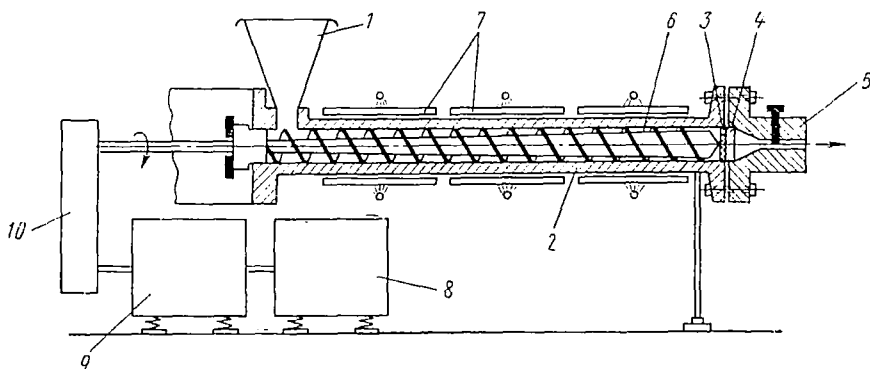


Рис. 95. Схема работы машины непрерывного выдавливания

в) в зависимости от направления вращения червяков прессы с двумя червяками — с одинаковыми направлениями вращения и с взаимно противоположным направлением вращения червяков;

г) в зависимости от отношения длины червяка к его диаметру — с коротким червяком $L < 10D$ и длинным червяком $L > 10D$;

д) в зависимости от частоты вращения червяков — тихоходные ($n < 150$ об/мин) и быстроходные ($n > 150$ об/мин);

е) в зависимости от способа обогрева цилиндра — прессы с электрическим, паровым и обогревом жидкими теплоносителями;

ж) в зависимости от способа охлаждения — с водяным или воздушным охлаждением;

з) в зависимости от конструкций станины — рамной (сварной), литой конструкции и червячные прессы с вынесенным цилиндром;

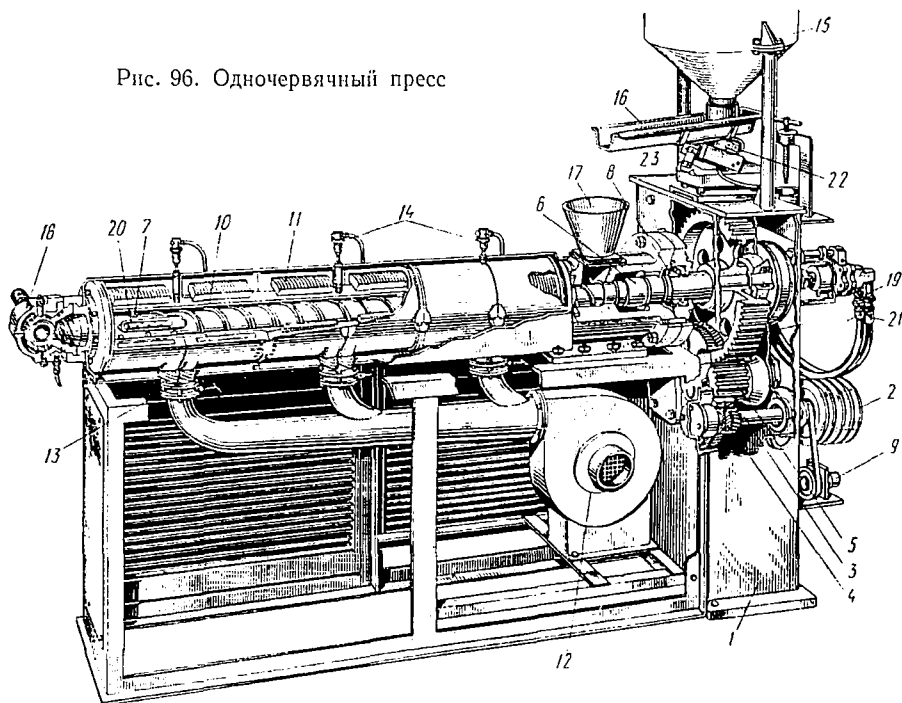
и) в зависимости от привода — с механическим регулированием скорости червяка, электрическим регулированием скорости червяка посредством сдвига щеток в специальных коллекторных двигателях; с регулированием скорости по системе Леонарда (генератор—двигатель), с гидравлическим регулированием скорости червяка (насос—гидромотор) путем изменения объема масла, нагнетаемого насосом.

§ 2. ОДНОЧЕРВЯЧНЫЕ ПРЕССЫ

Одночервячный пресс (рис. 96) состоит из станины 1, приводного устройства, корпуса с червяком, оформляющей головки и аппаратуры.

Приводное устройство имеет электродвигатель, от которого через шкив 2 клиноременной передачи, приводной вал 3, пару шестерен 4, цилиндрическую зубчатую передачу 5 и вал 6 приво-

Рис. 96. Одночервячный пресс



дится во вращение червяк 7. Осевые усилия, возникающие при работе червяка, воспринимаются упорным шарикоподшипником 8. Число оборотов червяка определяется тахогенератором 9.

Червяк, установленный в цилиндрическом корпусе 10, обогревается с помощью индукционных нагревателей 11. Воздух для охлаждения цилиндра подается вентилятором 12 через клапаны 13 с независимым регулированием для каждой зоны.

Процесс непрерывного выдавливания во многом зависит от температуры в различных зонах цилиндра и червяка. В связи с этим предусмотрен тепловой автоматический контроль и регулирование температуры по зонам. Температура регулируется термолегуляторами, получающими импульсы от терморпары 14.

Рабочий процесс переработки термопластичного материала заключается в следующем.

Из бункера 15 через вибрирующий подающий желоб 16 материал поступает в загрузочную воронку 17, а оттуда в приемную часть корпуса 10, где захватывается червяком 7, который транспортирует массу вперед. При прохождении вдоль корпуса материал нагревается, расплавляется и при определенном давлении проталкивается через оформляющую головку 18, из которой выходит изделие требуемого профиля.

Вращающийся червяк проталкивая массу вперед, одновременно стремится повернуть ее, вызывая опасность пробуксовки массы относительно внутренних стенок цилиндра. Возникающий при этом крутящий момент тем меньше, чем меньше величина

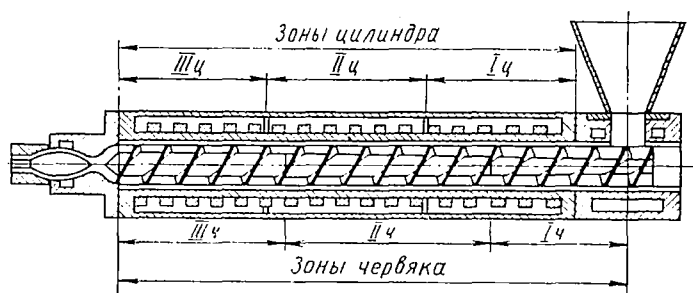


Рис. 97. Схема рабочих зон цилиндра

коэффициента трения материала о поверхность червяка. Для уменьшения величины коэффициента трения червяк охлаждают водой, подаваемой через патрубок 19 по трубе 20 во внутреннюю полость червяка. Отводится вода через патрубок 21. Подающий желоб 16 установлен на плоских пружинах 22. Под желобом расположен электрический вибратор 23 переменного тока заставляющий вибрировать желоб в плоскости, перпендикулярной к пружинам. При регулировке напряжения изменяются амплитуда колебаний и объем загружаемого материала.

В табл. 15 приведена техническая характеристика отечественных одночервячных прессов.

По длине цилиндр и червяк машины для непрерывного выдавливания (рис. 97) можно условно разделить на три зоны: Iц и Iч — зоны питания (участок, на котором материал находится в твердом состоянии), где Iц — первая зона цилиндра; Iч — первая зона червяка; IIц и IIч — зоны сжатия (участок, на котором материал находится в расплавленном и частично в твердом состоянии); IIIц и IIIч — зоны нагнетания (участок, на котором материал находится в вязко-пластичном состоянии).

Несмотря на большое разнообразие применяемых червячных прессов, основные узлы и детали у них общие, и основной частью машины, от которой зависят размеры, вид изделий и производительность, является червяк. Червяк (рис. 98) характеризуется

Техническая характеристика отечественных одночервячных прессов

Параметры	Модель червячного пресса						
	ЧП 20×25	ЧП 32×25	ЧП 45×25	ЧП 63×20	ЧП 90×20	ЧПГ 125×20	ЧМ ПК 160
Диаметр червяка в мм	20	32	45	63	90	125	160
Длина червяка в мм	25Д	25Д	25Д	20Д	20Д	20Д	20Д
Частота вращения червяка в об/мин	12,5—260	11—212	9—180	7,5—150	11—72	15—65	65
Производительность в кг/ч	9	18	40	80	120	200	240
Мощность электродвигателя червяка в кВт	2,8	4,5	11	25	55	75	100
Число зон обогрева	—	—	2	3	3	4	5
Мощность обогрева цилиндра в кВт	3	4	7,2	12,5	19	10,6	45
Габаритные размеры в мм:							
длина	—	1185	1830	2500	3180	4500	5980
ширина	—	1140	720	800	1050	945	1360
высота	—	1588	1650	1850	1910	2620	2220
Масса машины в т	—	0,7	2,4	2,7	4,7	6,5	12

величиной диаметра D , отношением длины к диаметру $\frac{L}{D}$, шагом t винтовой линии, глубиной h винтового канала (нарезки), толщиной δ стенки витка и углом α подъема винтовой линии.

Кроме того, одним из конструктивных параметров червяка является величина степени сжатия материала, которая находится в пределах от $V_1 : V_3 = 1,5 : 1$ до $V_1 : V_3 = 5 : 1$ на участке одного шага, где V_1 — объем винтового канала в зоне питания; V_3 — объем винтового канала в зоне нагнетания.

В зависимости от применяемого сырья а также от вида и назначения изделия применяются однозаходные и многозаходные червяки с постоянным и переменным шагом, с постоянной и переменной глубиной нарезки.

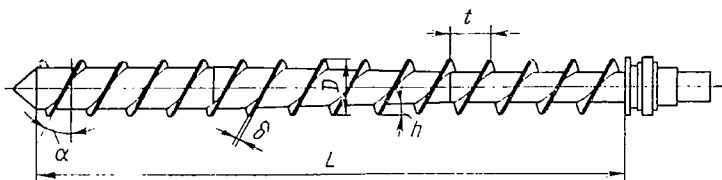


Рис. 98. Схема рабочих зон червяка

Расчет указанных параметров червяка рекомендуется вести по эмпирическим формулам

$$t = (0,8 \div 1,2) D;$$

$$\delta = (0,06 \div 0,1) D;$$

$$h_1 = (0,12 \div 0,16) D;$$

$$h_3 = 0,5 \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i}(D - h_1)} \right];$$

$$L_3 = (0,4 \div 0,6) L;$$

$$e = (0,002 \div 0,003) D,$$

где h_1 и h_3 — глубина винтового канала (нарезки) в зонах питания и нагнетания (выдавливания); i — степень сжатия (выбирается в зависимости от перерабатываемого материала); L_3 — длина зоны выдавливания; L — общая эффективная длина червяка; для существующих типов машин длина колеблется в пределах $(6-40) D$; e — величина радиального зазора между гребнем червяка и цилиндром.

Задачей прочностного расчета является проверка предварительно определенных размеров червяка и определение максимально допустимого прогиба [18]. На червяк действуют аксиальная сила P , крутящий момент $M_{кр}$ и равномерно распределенная

нагрузка q от собственного веса червяка. Силы P и q вызывают прогиб f червяка (рис. 99).

Для определения расчетной схемы червяк предварительно проверяется на гибкость по формуле

$$\lambda = \frac{\kappa L}{R_i} \leq 120. \quad (173)$$

Исходные величины для расчета червяка определяют по формулам

$$M_{кр} = 9550 \frac{N}{n}; \quad (174)$$

$$P = Fp, \quad (175)$$

где N — мощность привода в кВт; n — частота вращения в об/мин; p — удельное давление материала в передней части цилиндра прессы в Н/м²; $\kappa = 2$ — коэффициент, зависящий от метода крепления конечной части вала; L — длина червяка в м; $R_i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ — радиус инерции сечения в м; $J = \frac{\pi D^4}{64} (1 - i^4)$ — момент инерции поперечного сечения AA в м⁴; $F = \frac{\pi D^2}{4} (1 - i^2)$ — площадь поперечного сечения червяка в сечении $A-A$ в м²; $i = \frac{d}{D}$ — отношение диаметров червяка; d — внутренний диаметр червяка в м.

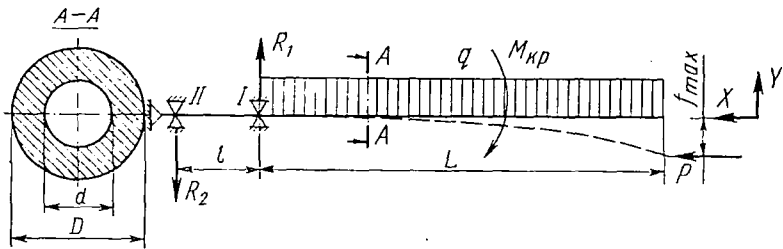


Рис. 99. Схема к расчету червяка

Максимальные касательные напряжения на поверхности червяка

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p}, \quad (176)$$

где $W_p = \frac{\pi D^3}{16} (1 - i^4)$ м³ — полярный момент сопротивления.

Максимальные напряжения от сил P и q будут возникать в месте заземления вала (у первого подшипника):

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{M_H}{W_o}, \quad (177)$$

где $M_{II} = \frac{qL^2}{2} = \frac{\rho FL^2}{2} = \frac{\rho L^2}{2} \cdot \frac{\pi D^2}{4} (1 - u^2)$ — максимальный изгибающий момент; ρ — плотность материала; $W_o = \frac{\pi D^3}{32} (1 - i^4)$ — момент сопротивления относительно нейтральной оси.

Подставив значения F , M_{II} , W_o , получим после преобразования

$$\sigma = \frac{4P(1+i^2) + \pi\rho L^2 D(1-i^2)}{\pi D^2(1-i^4)}. \quad (178)$$

Условие прочности червяка по третьей теории прочности

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_d. \quad (179)$$

Максимальный прогиб червяка от распределенной нагрузки

$$f_{\max} = \frac{qL^3}{8EJ}, \quad (180)$$

где E — модуль упругости материала червяка в Н/м².

Полученный прогиб должен быть меньше радиального зазора между гребнем червяка и цилиндром.

Для расчета радиальных или радиально-упорных подшипников определяют действующие силы на основании уравнения моментов и проектирования всех сил на ось y .

Упорные подшипники выбирают на основании аксиальной силы P . Установка упорных подшипников в ряд (при расчете промежуточных тарельчатых пружин) должна обеспечить равномерное распределение аксиальной силы на каждый подшипник. Сила, приходящаяся на один подшипник,

$$P_{II} = \frac{P}{c},$$

где c — количество упорных подшипников, установленных в ряд.

§ 3. МНОГОЧЕРВЯЧНЫЕ ПРЕССЫ

В настоящее время широко применяют многочервячные прессы с двумя, тремя и более червяками; однако наибольшее распространение получили двухчервячные прессы. Преимущества двухчервячных прессов по сравнению с одночервячными следующие: при одном и том же числе оборотов больше силы выдавливания; более высокая степень смещения; возможность переработки вязких масс с высоким содержанием наполнителя; самоочистка червяков, более высокий к. п. д.

Многочервячные прессы могут быть как с взаимозацепляющимися, так и с незацепляющимися червяками. При вращении червяков в одном направлении они должны иметь одинаковую нарезку винтового канала, при вращении червяков в разные стороны — винтовые каналы с разным направлением нарезки.

Принцип действия многочервячных прессов с незацепляющимися червяками основан на силах внутреннего трения материалов, а работа машин с червяками, находящимися во взаимном зацеплении, основана на принудительном продвижении перерабатываемого материала к оформляющей головке благодаря выжимающему воздействию витка сопряженного червяка и самоочистке червяка.

Производительность многочервячных прессов с взаимозацепляющимися червяками сравнительно мало зависит от противодействия. Процесс пластикации в этих прессах во многом зависит

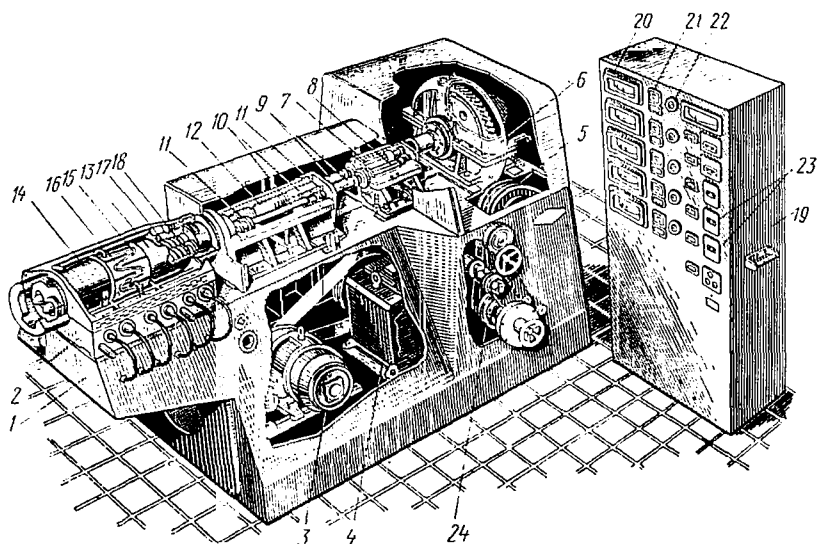


Рис. 100. Двухчервячный пресс

от тепла, сообщаемого наружными нагревателями, так как расход энергии на непрерывное выдавливание в многочервячных прессах значительно меньше, чем в одночервячных.

Двухчервячные прессы с незацепляющимися червяками обычно применяют для смешения и обезвоживания смол; червяк при этом вращается в разных направлениях.

Двухчервячный пресс, показанный на рис. 100, предназначен для переработки полиэтилена, винилпласта и других термопластичных материалов. На станине 1 смонтированы приводное устройство, аппаратура и корпус 2 цилиндра, имеющие возможность перемещаться на салазках относительно станины.

От электродвигателя 3 приводного устройства через клиноременную передачу, цепной механизм вариатора 4, шкив 5, червячный редуктор 6, шестерню 7, зубчатое колесо 8 и шлицевые соединения 9 приводятся во вращение валы 10 червяков. Осевые силы, возникающие при работе червяков, воспринимаются упорными шарикоподшипниками 11 и тарельчатыми пружинами 12.

Червяки установлены в цилиндре 13, оснащенном электронагревателями 14. Вода для охлаждения поступает по патрубкам 15, расположенным в кожухе 16 пресса. Обогрев и охлаждение предусмотрены для всех трех зон червячного пресса. Червяки вращаются в противоположные стороны; червяк 17 с левой винтовой нарезкой вращается против часовой стрелки, а червяк 18 с правой винтовой нарезкой вращается по часовой стрелке. Аппаратура для теплового контроля и регулирования расположена в шкафу 19 тепловой автоматики, на лицевой панели смонтированы терморегуляторы 20, амперметры 21, переключатели 22 и кнопки управления 23. Из бункера, снабженного ворошителем с индивидуальным приводом, материал поступает в приемную часть цилиндра 13

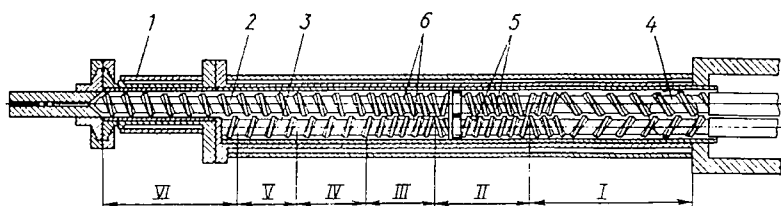


Рис. 101. Червяки двухчервячного пресса

и здесь захватывается червяками 17 и 18. Червяки, захватывая предварительно подогретое сырье, перемешивают его до момента расплавления, гомогенизируют, сжимают, транспортируют и выдавливают расплав через оформляющую головку.

Для предохранения червяков от поломок пресс снабжен фрикционной муфтой 24, которая отключает электродвигатель 3 при возрастании крутящего момента выше определенной величины.

В зависимости от назначения и вида перерабатываемого материала применяют многочервячные прессы с различным расположением и конструкцией червяков.

На рис. 101 показаны комбинированные червяки двухчервячного пресса для интенсивного перемешивания, пластикации, гомогенизации материала, его окрашивания и смешивания компонентов. В цилиндре 1 с каналами для теплоносителя смонтированы составные комбинированные червяки 2 и 3, имеющие противоположное направление вращения. В зоне I материал захватывается из воронки 4 и подается в зону смешения II. Перед началом и в конце зоны II установлены короткие участки червяков 5 и 6 с противоположным направлением винтовой линии. Это сделано для интенсивного теплообразования и подачи однородного материала в зону II, а также для создания повышенного давления в материале, нагнетаемом в зону смешения III. В зоне II смешиваются отдельные компоненты, а в зоне III загружается дополнительное количество пластификатора, и цикл смешения повторяется.

Техническая характеристика двухчервячных отечественных прессов

Тип экструдера	Параметры червяков			Производительность в кг/ч	Мощность в кВт	
	Диаметр в мм	Отношение L/D	Частота вращения в об/мин		обогрева	привода
ЧП2-90×12	90	12 : 1	3—15	83	12,8	13
ЧП2-125×12	125	12 : 1	3,75—15	100	20,4	32

В зонах *IV* и *V* происходит дополнительное перемешивание, а в зоне *VI* — окончательная пластикация и гомогенизация материала.

В табл. 16 приведена техническая характеристика отечественных двухчервячных прессов.

§ 4. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ ЧЕРВЯЧНЫЕ ПРЕССЫ

В горизонтальных червячных прессах при непрерывном выдавливании возникает значительная разнотолщинность изделий. Этот недостаток устраняется при использовании вертикальных червячных прессов, которые позволяют исключить изменение направления потока материала между червяком и оформляющей головкой, а следовательно, уменьшить неоднородность скоростей и давлений расплава в головке.

На рис. 102 показан вертикальный червячный пресс для производства листов, пленок и труб. Внутри станины 1 пресса установлен цилиндр 2 с червяком 3, который приводится от электродвигателя через червячный редуктор 4. Аксиальные и радиальные силы червяка, возникающие при работе пресса, воспринимаются упорными и радиальными подшипниками 5 и 6. Материал поступает в цилиндр из бункера 7, снабженного мешалкой 8 с индивидуальным электродвигателем 9. Для обогрева четырех зон цилиндра предусмотрены электронагреватели, а для охлаждения — вентиляторы с индивидуальными электродвигателями 10, причем зона загрузки охлаждается проточной водой. Данный пресс позволяет устанавливать над ним дополнительный вертикальный пресс, что дает возможность непрерывно выдавливать двухцветные изделия.

Для смещения, пластикации и формования профильных изделий применяют вертикальный червячный пресс с зоной загрузки, расположенной на выходном конце червяка, и зоной выдавливания — возле привода червяка. На корпусе 1 пресса (рис. 103) монтируется цилиндр 2 с коническим червяком 3, который приводится от электродвигателя через червячный редуктор 4. Осевые силы воспринимаются радиально-упорными подшипниками 5.

Материал загружается из съемного бункера-питателя 6 с червяком 7, устанавливаемого в зависимости от вида перерабатываемого материала и степени сжатия. Расплав выдавливается через оформляющую головку 8. Теплоноситель в каналы А цилиндра подается через штуцеры 9 и 10. Корпус и вал 11 червяка охлаждаются вентилятором 12.

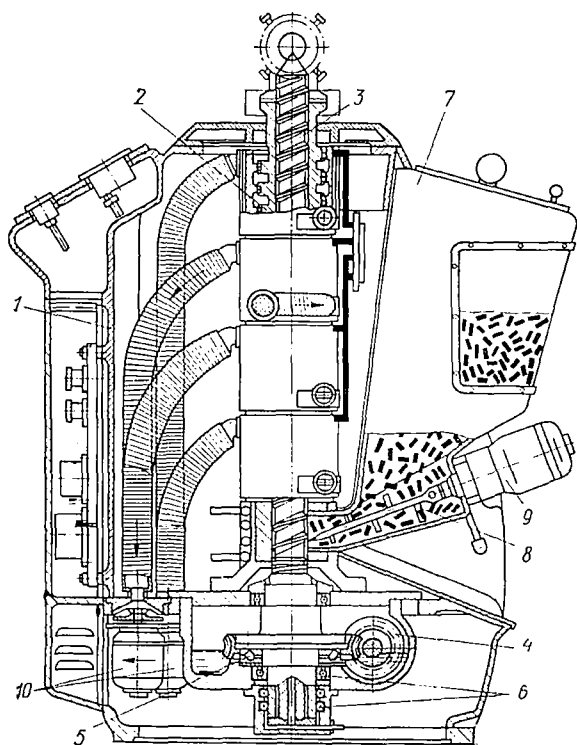


Рис. 102. Вертикальный червячный пресс

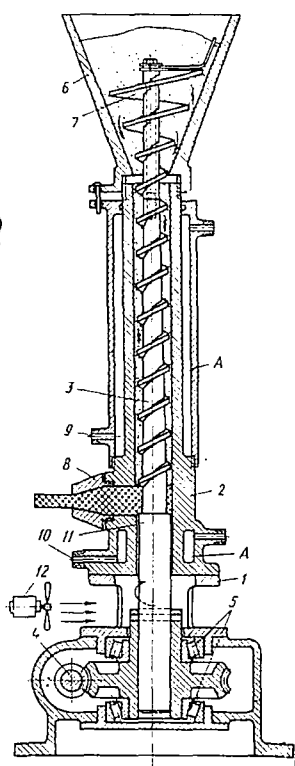


Рис. 103. Вертикальный червячный пресс с верхней загрузкой

Оригинальный комбинированный червячный пресс L-образной формы для производства различных профильных изделий из поливинилхлорида показан на рис. 104. На станине 1 смонтированы цилиндры — вертикальный 2 и горизонтальный 3 с червяками 4. Вертикальный червяк получает вращение от электродвигателя 5 через редуктор 6, приводной вал 7 и шпindel 8. Горизонтальный червяк приводится от электродвигателя 9 через редуктор 10, приводной вал 11 и шпindel 12. Материал из загрузочной воронки 13 захватывается вертикальным червяком, пластицируется и транспортируется в горизонтальный цилиндр, где

окончательно гомогенизируется и дегазируется. Далее расплав с помощью горизонтального червяка выдавливается через профилирующую головку 14 в калибровочную насадку 15, после чего готовое изделие охлаждается и направляется к приемным устройствам.

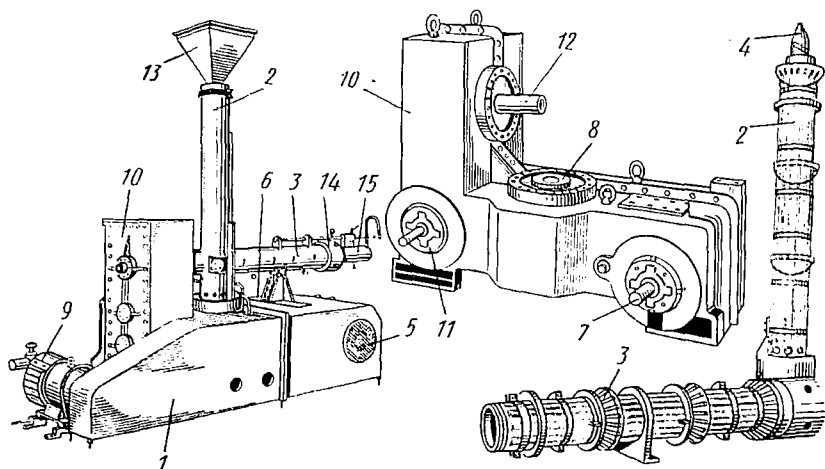


Рис. 104. Комбинированный червячный пресс

§ 5. ОФОРМЛЯЮЩИЕ ГОЛОВКИ

Оформляющая головка червячного пресса представляет собой профилирующий инструмент, через который выдавливается расплавленная пластичная масса, принимающая заданную форму. Головки бывают прямоточные или угловые, в которых поток расплава поворачивается вверх, вниз или в сторону. По типу выходящего профиля головки подразделяются на круглые, щелевые и фасонные; по образуемому в них давлению — на головки низкого давления (до 4 МН/м^2); среднего давления ($4\text{—}10 \text{ МН/м}^2$) и высокого давления (более 10 МН/м^2). Часть головки, в которой оформляется профиль изделия, называется матрицей.

При производстве трубных профилей внутри матрицы устанавливают дорн. Полые изделия изготовляют пневмоформованием, при котором выдавленная заготовка раздувается сжатым воздухом. Для очистки расплава от загрязнений и увеличения давления в цилиндре, что оказывает влияние на степень гомогенизации и пластикации материала, в начале оформляющей головки устанавливают пакет фильтрующих сеток, опирающийся на решетку.

На рис. 105, а показана оформляющая головка для производства труб. В приемной части корпуса 1 установлен стакан 2 с вмонтированной в него решеткой 3. От фильтрующей сетки 4 нагнетаемая червяком 5 масса поступает во внутреннюю полость корпуса между наружной поверхностью дорна и внутренней поверх-

ностью матрицы 8, обтекая дорнодержатель 6, к которому крепится дорн 7.

Отформованная труба калибруется по диаметру и частично охлаждается при помощи воздуха, подаваемого под давлением

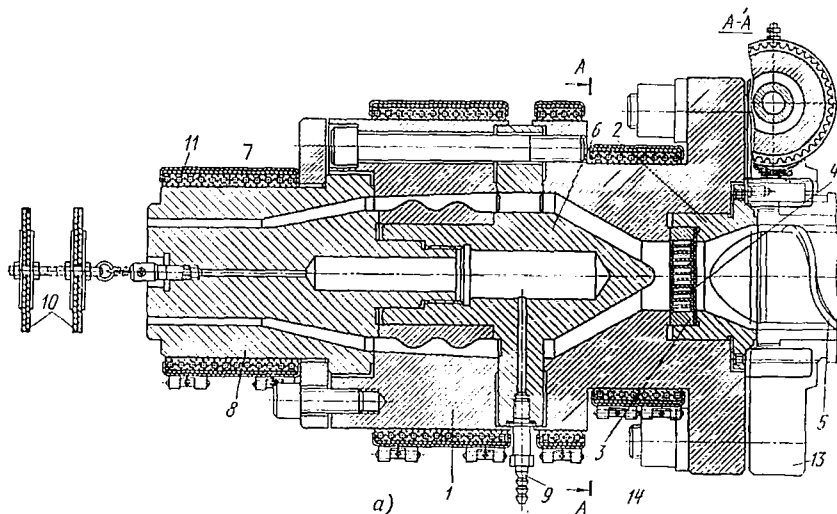


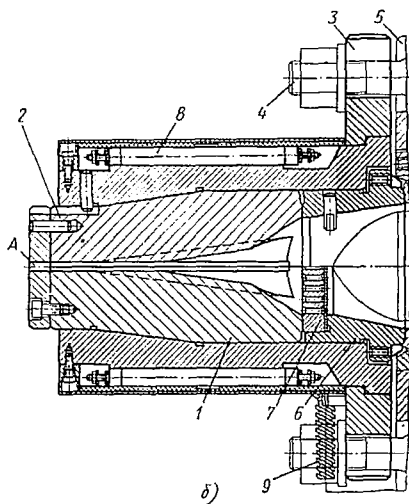
Рис. 105. Оформляющие головки:

a — трубная; *б* — профильная

$(0,15—0,25) \cdot 10^5$ Н/м² через ниппель 9 и систему каналов во внутреннюю полость трубы, внешний конец которой закрывается плавающей пробкой 10. Головка нагревается электронагревателями 11, температура контролируется термопарами. Головка крепится к фланцу 13 червячного пресса откидными болтами 14.

На рис. 105, б показана конструкция оформляющей головки, предназначенной для изготовления фасонных профилей. Головка состоит из нижних 1 и верхней 2 половинок матрицы, установленных во фланце 3,

который на откидных болтах 4 крепится к фланцу 5 червячного пресса. В матрицу установлена втулка 6 с решеткой 7. Экструдруемый материал продавливается через выходное отверстие А, приобретая профиль изделия требуемых размеров. Головка нагревается от электронагревателей 8, ток к которым подводится по кабелю 9.



Для получения пленки применяют угловые или прямоочные головки.

Оформляющая угловая (рис. 106, а) головка состоит из корпуса 1, дорнодержателя 2 с дорном 3, матрицы 4, формующего 5, регулировочного 6 и опорного 7 колец. В приемной части корпуса по ходу движения расплава установлена втулка 8, внутри которой смонтирована решетка 9 с фильтрующей сеткой 10. Головка крепится к фланцу 11 пресса при помощи откидных болтов 12. Термопластичная масса поступает через входное отверстие корпуса 1 и распределяется вокруг дорна 3 в кольцевом сборном канале А. Затем расплав течет по всей окружности через коническую кольцевую щель Б и выдавливается через выходную щель, образованную верхним формующим кольцом 5 и наконечником дорна 3.

Угловые головки, применяемые для производства пленок, имеют конструктивный недостаток — разную длину путей, проходимых частицами расплава от конца червяка до различных участков формующего зазора. Для устранения этого недостатка путем торможения потока массы в соответствующих участках производят калибровку зазора регулировочными винтами 13, 14 и 15.

Сжатый воздух для раздувания пленки подается через штуцер 16. Головка нагревается от электронагревателей 17; температура измеряется термопарами 18.

На рис. 106, б показана прямоочная головка для получения пленки из цилиндрического рукава. Головка имеет корпус 1, горловину 2 и дорн 3 с наконечником 4. Корпус крепят к цилиндру червячного пресса при помощи болтов 5. Дорн монтируют внутри головки с помощью дорнодержателя 6. Между калибрующим кольцом 7, которое крепят к дорну, и кольцом 8 имеется зазор, регулируемый винтами 9. Для охлаждения выдавливаемой пленки установлены охлаждающие корпуса 10 и 11. Гомогенизированный расплав из пресса поступает в полость головки через решетку 12, которая предназначена для фильтрации (очистки) материала и создания дополнительного сопротивления. Получаемый рукав режется ножом 13, установленным в головке.

На рис. 107, а показана головка для производства листов из термочувствительных материалов. Внутри корпуса 1 головки монтируются щеки 2 и 3. При этом щека 2 крепится к корпусу неподвижно, в то время как положение щеки 3 можно регулировать установочными винтами 4 для получения равномерной толщины листа. Фланец 5 головки крепится к фланцу 6 червячного пресса откидными болтами 7. Расплав, нагнетаемый червяком 8, проходит через решетку 9, буферные каналы А и выдавливается через щель Б.

Для получения двухслойных листов (линолеума) применяют специальные головки, работающие одновременно от двухчервячных прессов. Внутри корпуса 1 (рис. 107, б) головки монтируют профилирующие губки 2 и 3, дорн 4 и распределительные дроселирующие элементы 5 и 6, которые регулируются винтами 7.

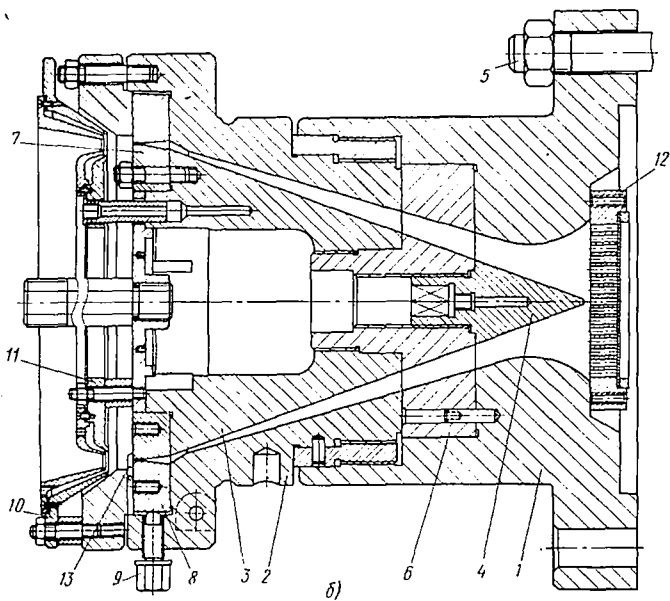
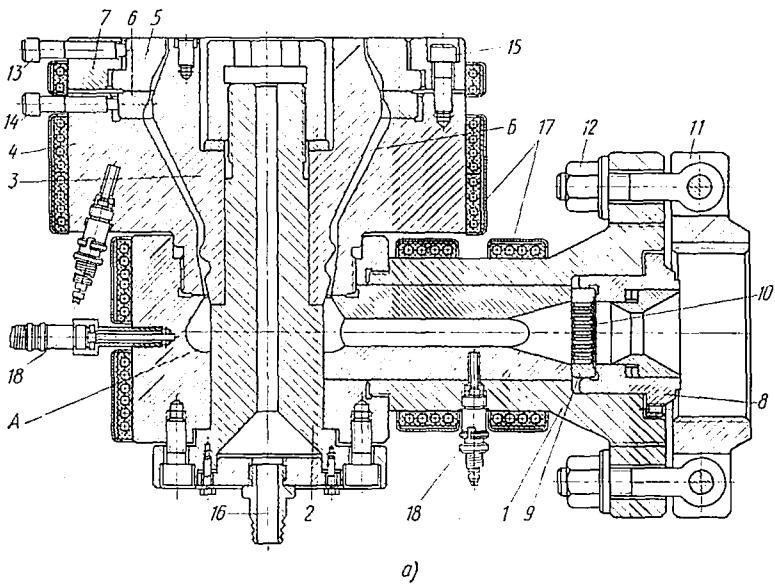


Рис. 106. Оформляющие головки:
 а — угловая; б — прямоточная

Расплав от двух прессов поступает соответственно в каналы *A* и *B*, обтекая дорн, и выдавливается через щель *B*.

Для изготовления кабелей применяют угловую головку (рис. 107, *в*), которая состоит из корпуса *1*, дорнодержателя *2*

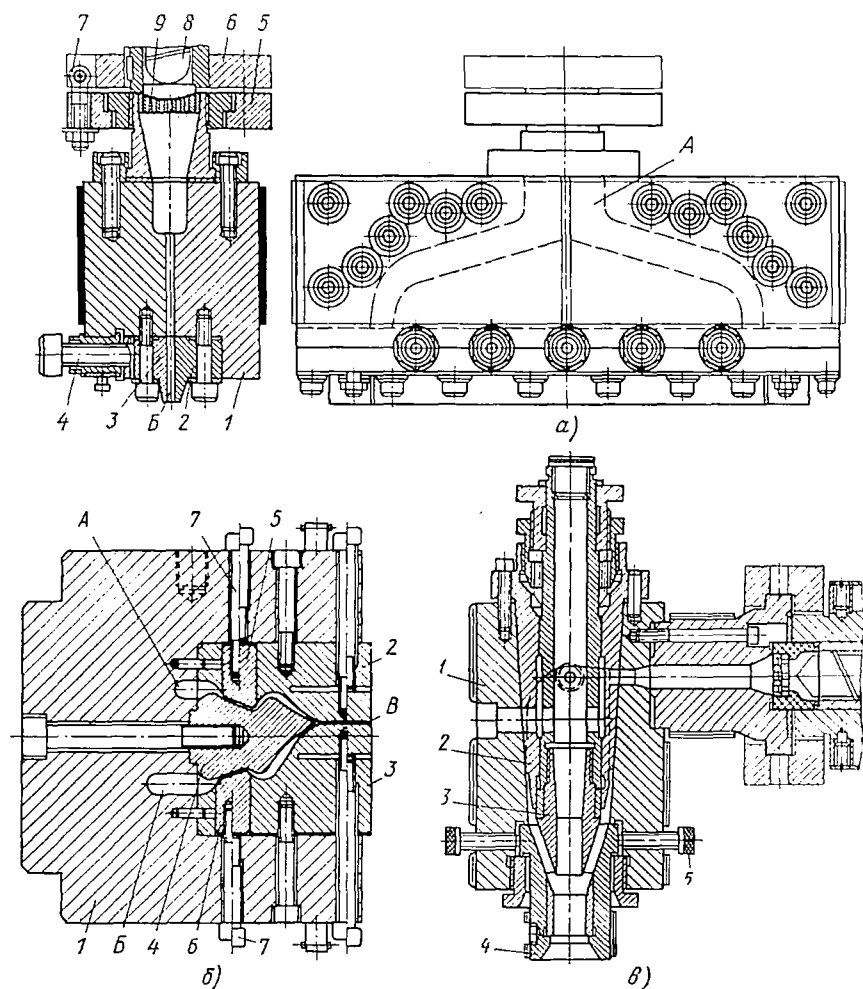


Рис. 107. Оформляющие головки:

a — щелевая; *б* — для двухслойных листов; *в* — кабельная

с дорном *3* и матрицей *4*. Головка может быть установлена по отношению к червячному прессу под углом $\frac{45\pi}{30}$, $\frac{60\pi}{30}$ или $\frac{90\pi}{30}$ рад. Дорнодержатель и дорн имеют осевые отверстия для прохода провода. Пластмассовой изоляцией провод покрывается при выходе его из дорна. Перемещение матрицы в радиальном направлении регулируется болтами *5*.

§ 6. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ И ПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Агрегат для производства труб (рис. 108) состоит из червячного пресса 1, прямоточной головки 2 с калибровочной насадкой 3, охлаждающей ванны 4, тянущего устройства 5 и механизма резки 6. Расплав полимера из червячного пресса 1 через канал кольцевого сечения головки 2 поступает в насадку 3, где он предварительно охлаждается, формируется в трубу и калибруется. Затем труба отрезается в размер механизмом резки 6 и укладывается на тележку 7. Длина трубы контролируется метражным счетчиком 8. Вытяжка и транспортирование трубы производится тянущим устройством 5, состоящим из станины с направляющими колонками, на которых смонтированы два гусеничных транспортера 9. Гусеничные транспортеры устанавливаются по высоте

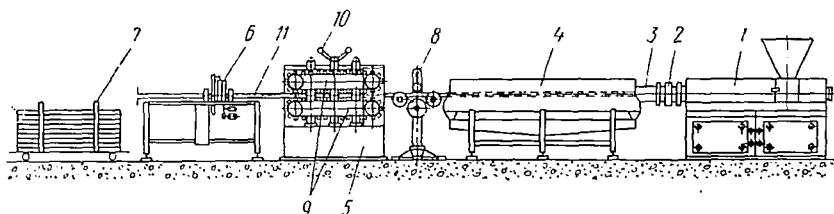


Рис. 108. Установка для производства труб

винтовым механизмом при повороте штурвалов 10. Труба 11 зажимается башмаками гусениц. Транспортеры приводятся от электродвигателя через вариатор.

На рис. 109 показан червячный пресс для производства труб. На раме 1 пресса смонтирован цилиндр 2 с запрессованной в него втулкой 3 из азотированной стали и червяком 4. Цилиндр имеет загрузочную воронку 5 с каналом А для охлаждения материала. К фланцу 6 на откидных болтах 7 крепят оформляющую головку. С противоположной стороны цилиндра установлен узел крепления червяка, в корпусе 8 которого смонтированы упорный и радиальные подшипники.

Червяк приводится от электродвигателя 9 через редуктор 10. Обогревается цилиндр электронагревателями. Внутри полового червяка установлена трубка 11 подвода охлаждающей воды через патрубок 12 с помощью системы охлаждения 13. Отработанная вода сливается по кольцевому зазору Б через патрубок 14. Над загрузочной воронкой расположен бункер 15 для загружаемого материала.

Калибровочная насадка (рис. 110) представляет собой цилиндр 1, помещенный в корпус 2. Между стенками цилиндра и корпуса циркулирует охлаждающая вода. Из оформляющей головки 3 через его центральный канал в трубу-заготовку 4 подается сжатый воздух под давлением 0,02—0,15 МН/м² для ее формо-

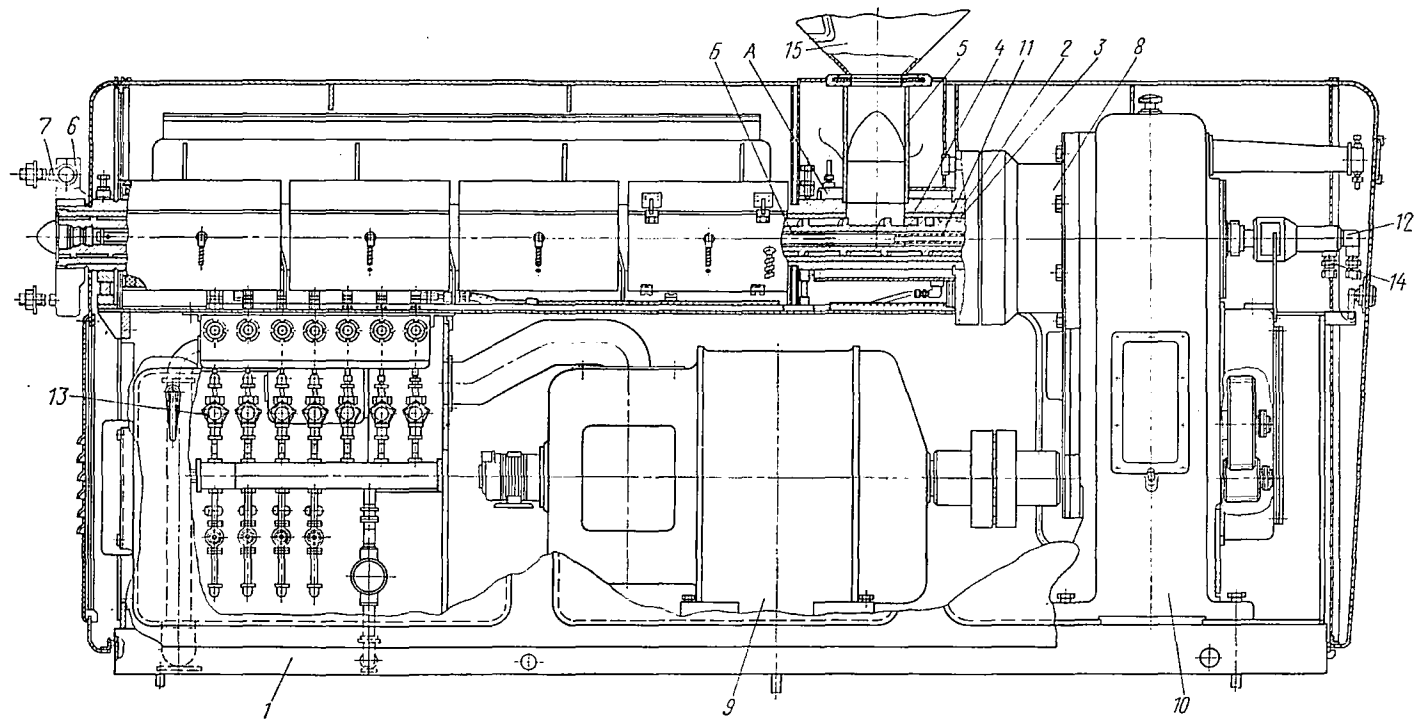


Рис. 109. Одночервячный трубный пресс

вания. Для уменьшения трения скольжения трубы по внутренней поверхности цилиндра 1 подается воздух под давлением 0,005—0,01 МН/м². Для предотвращения падения давления внутри трубы установлена плавающая пробка 5, которая прикреплена тросом 6 к дорну 7.

В современных калибрующих устройствах вместо подачи сжатого воздуха внутри формируемой трубы, выдавливаемой непрерывно из оформляющей головки, производится пережим трубы или вакуумирование. В этом случае исключается необходимость герметизации трубы пробкой.

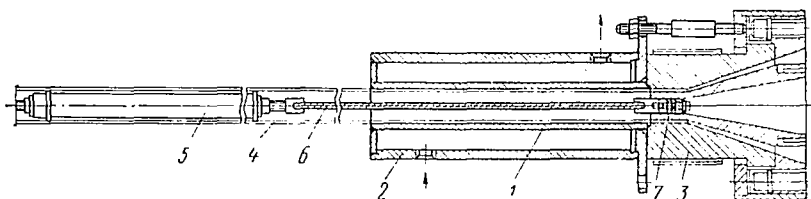


Рис. 110. Калибровочная насадка

Для расчета длины насадки L_n пользуются температурной зависимостью

$$T_1 = T_2 - \frac{\kappa}{2} (T_2 - T_n), \quad (181)$$

где T_2 , T_1 — средние температуры стенки экструдируемой трубы на входе в насадку и выходе из нее; T_n — средняя температура насадки; $k < 1$ — константа, выражающая соотношение между температурой и жесткостью трубы.

Длину насадки определим по формуле

$$L_n = \frac{\kappa (D^2 - \delta^2) \delta^2 v}{a D^2}$$

или, преобразуя, получим

$$L_n = \frac{\kappa V_t \delta}{\pi a D} \left(1 - \frac{\delta}{D} \right). \quad (182)$$

Для тонкостенных труб

$$L_n = \frac{\kappa \delta^2 v}{a}, \quad (183)$$

где δ — толщина трубы в м; v — скорость отвода трубы в м/с; D — наружный диаметр трубы в м; a — коэффициент температуропроводности материала трубы в Вт/(м·°К); V_t — объемная производительность червячного пресса в м³/с.

На рис. 111 показано тянущее устройство гусеничного типа. Из ванны холодная труба двумя вертикально расположенными

роликми 1 направляется между рабочими ветвями двух вертикально-замкнутых гусеничных транспортеров 2 и 3. К звеньям цепи транспортеров прикреплены металлические пластины 4 с запрессованными в них эластичными пластинами 5, вогнутыми со стороны, прилегающей к вытягиваемой трубе. Зазор между транспортерами соответственно диаметру формируемой трубы регулируется перемещением верхнего транспортера 2 по направляющим колоннам 6 с помощью штурвала 7. Оба транспортера при-

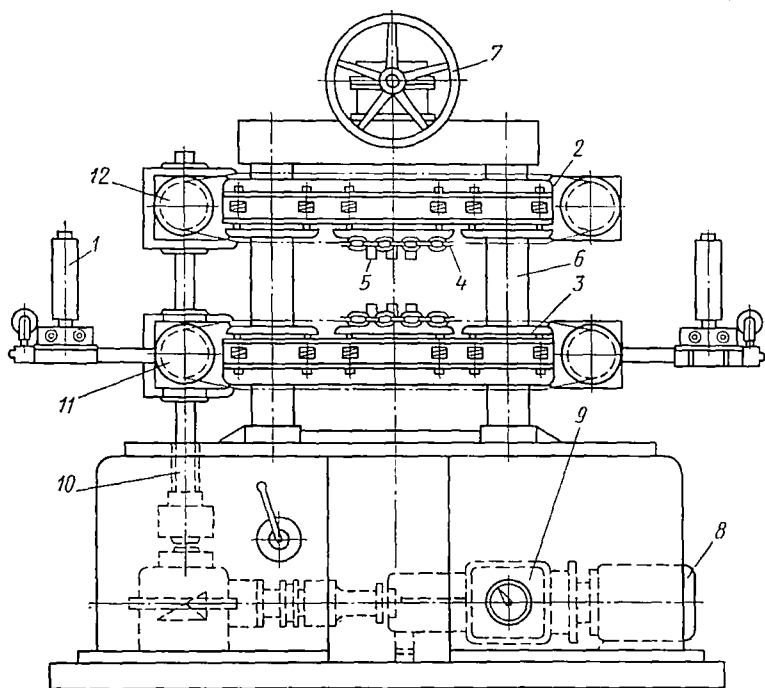


Рис. 111. Тянущее устройство

водятся от электродвигателя 8, через вариатор 9, вертикальный вал 10 и конические зубчатые передачи 11 и 12. Для обеспечения свободного перемещения верхнего транспортера ведущая шестерня верхней конической пары посажена на шлицевой части вала 10. Протянутая через гусеничное приемное устройство труба направляется к режущему приспособлению.

Труба требуемого размера отрезается механизмом, который состоит из продольной 1 (рис. 112) и поперечной 2 кареток и дисковой пилы 3. Команду на отрезку трубы подает счетчик метража; при этом включается электромагнит 4, и губки 5 зажимают перемещающую трубу. Вследствие этого продольная каретка начинает двигаться по направляющим 6 вместе с трубой. Одновременно включается электродвигатель 7, вращение которого через редук-

тор 8 и цепную передачу 9 передается поперечной каретке 2. При этом дисковая пила 3, приводимая в движение от электродвигателя 10, отрезает трубу. В первоначальное положение продольная каретка возвращается противовесом 11, а поперечная каретка — пружинами 12.

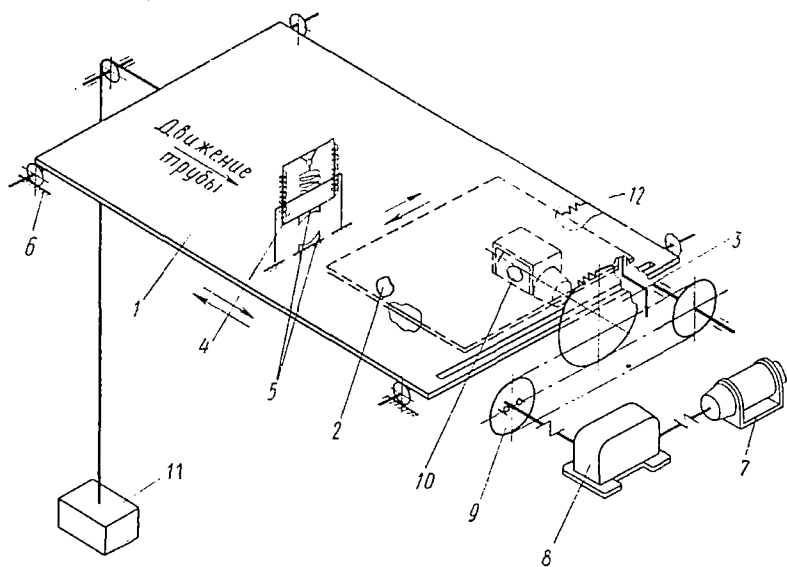


Рис. 112. Механизм отрезки

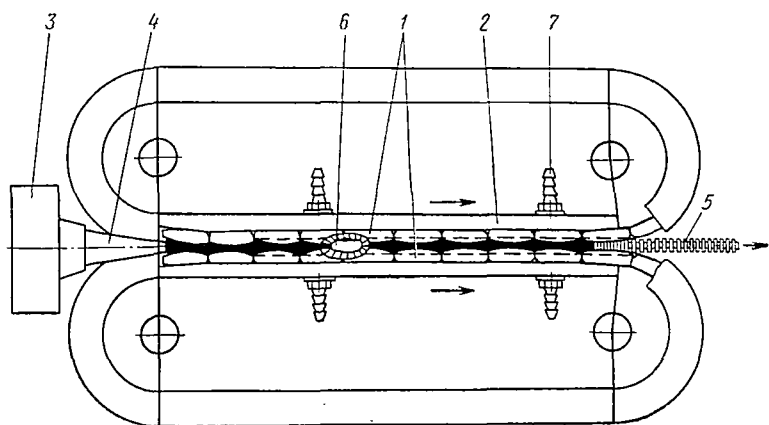


Рис. 113. Схема устройства для получения гофрированных труб

Процесс изготовления профильных погонажных изделий (плинтусы, накладки, поручни и др.) аналогичен процессу формования труб, но без калибровочной насадки.

В промышленности стройматериалов большое распространение находят гофрированные трубы. Основным рабочим органом

Техническая характеристика отечественных установок для производства труб
и профильных погонажных изделий

Параметры	Тип установки						
	591 681	591 655	591 670	АТ-2-90-32/110	591 673	591 627	513 568
Диаметр червяка в мм	20	45	63	2×90	125	2×125	20; 45
Отношение длины червяка в диаметру	25	25	20	12	20	12	25
Частота вращения червяка в об/мин	26—260	300	180	—	125	3,75—15	—
Максимальная производительность в кг/ч	9	80	80	83	270	160	45
Скорость вытяжки в м/мин	0,5—14	0,5—10	0,5—10	—	3	—	0,5—8
Размеры выпускаемых труб или профи- лей:							
наружный диаметр в мм	10	6—50	10—50	32—110	110—160	125—400	—
длина отрезков в м	25—15	12	—	6	6—12	6—8	—
Количество установленных электро- двигателей:							
постоянного тока	3	3	3	—	2	—	3
переменного тока	1	6	4	—	8	—	2
Мощность двигателей в кВт	3	25,9	28,5	34	135	70	22
Мощность обогрева в кВт	3	32,7	33,3	—	110	—	15,6
Расход в м ³ /ч:							
воды	0,1	3	0,6	1	4	1,5	0,55
сжатого воздуха	1,5	4	—	0,5	4,5	1	—
Габаритные размеры установки в мм:							
длина	10,2	23,3	31,2	20	39,4	24,7	4,3
ширина	1,72	2,3	2	3,1	2,6	1,3	3,5
высота	1,6	3,3	2,5	2,2	4,6	2,6	2,1
Масса установки в т	1,5	5,5	5,4	6,9	1,58	1,78	3,5

для производства гофрированных труб являются два цепных транспортера, на которых расположены формирующие полуформы 1 (рис. 113), перемещающиеся по направляющим 2. Полуформы формируют гофры под действием сжатого воздуха, подаваемого внутрь непрерывно выдавливаемой трубы через канал в дорне оформляющей головки 3 и удлинителя 4. Для сохранения давления воздуха внутри трубы 5 в ней установлена подвижная пробка 6. Полуформы охлаждаются водой, подаваемой через штуцеры 7.

Техническая характеристика отечественных установок для производства труб и профильных погонажных изделий приведена в табл. 17.

§ 7. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛЕНОК

При производстве пленок широкое распространение получил метод раздува цилиндрического рукава горизонтальным и вертикальным (вверх и вниз) способами.

Установка для производства пленки горизонтальным способом (рис. 114, а) состоит из червячного пресса 1 с головкой 2, сплющивающего устройства и приемно-намоточного устройства. Пленочный рукав, выходящий из оформляющей головки и раздутый воздухом, проходит охлаждающую зону и устройство для калибрования. Затем рукав поступает в сплющивающее устройство, которое состоит из двух наклонных щек 3 и прижимных валков 4. Кромки обрезают механизмом 5 продольной резки. Далее пленка наматывается на два барабана 6, которые установлены на поворотном кронштейне 7. Вытягивается и транспортируется пленка тянущими валками 8, которые прижимаются пневмоцилиндром 9. В станине 10 приемнонамоточного устройства смонтированы привод 11 тянущего механизма, два привода 12 намоточных барабанов и гидроцилиндр 13 для подъема намоточного устройства.

Для механического распрямления полистирольной пленки (стирофлекс) применяют ширительную рамку 1 (рис. 114, б), которую резбовым хвостиком крепят к дорну 3 оформляющей головки 4. По обе стороны рамки 1 монтируют ролики 5. Пленка по выходе из головки обкатывается по роликам ширительной рамки, проходит устройство для сплющивания и механизм обрезки кромок. Затем образовавшиеся две ленты материала поступают на два барабана намоточного устройства. При сходе с рамки периметр пленочного рукава увеличивается в 3,5 раза по сравнению с кольцевым периметром, при этом толщина пленки уменьшается в несколько раз. За время прохождения по рамке пленка охлаждается.

Конструкция устройства для приемки, вытягивания и намотки пленки, действующего по принципу распрямления, показана на рис. 115. Пленочный рукав предварительно прорезается вдоль одной образующей ножом, установленным на торце прямооточной головки, затем на участке от ножа (на чертеже не показан) до пары приемных валков 1 охлаждается воздухом, подаваемым через

трубы 2, и распрямляется с помощью последовательно расположенных трубчатых дуг 3, кривизна которых уменьшается к вытяжному механизму. Далее пленка валками тянущего механизма подается к барабану 4 намоточного механизма. Натяжение валков 5 регулируется винтовым механизмом 6. Опудривается пленка с по-

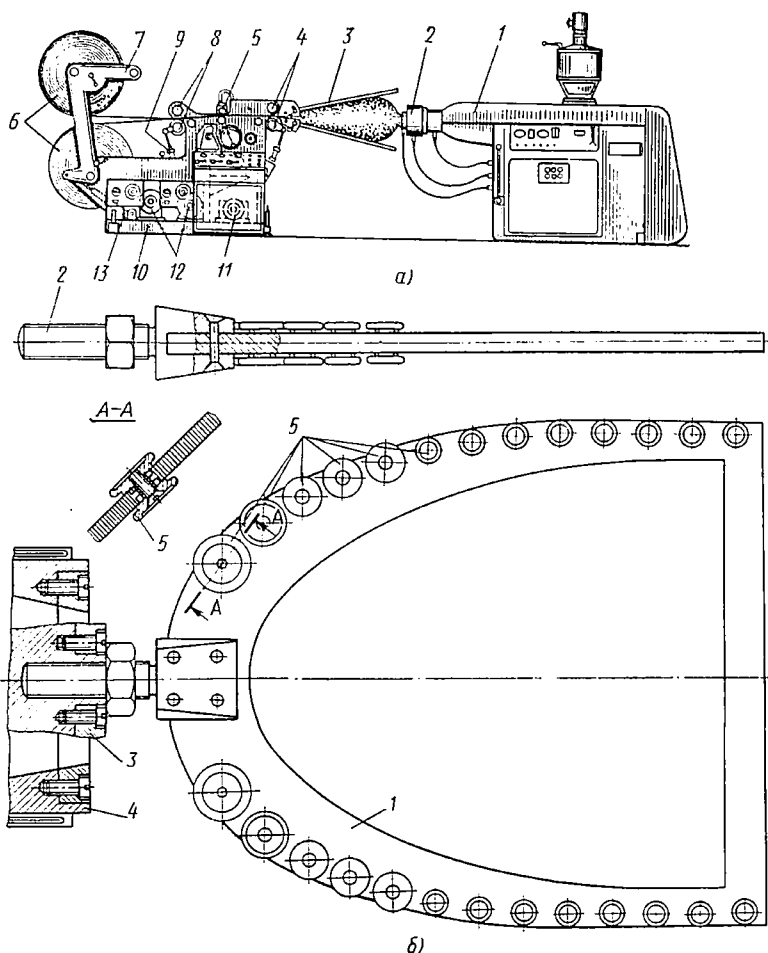


Рис. 114. Установка для производства пленок горизонтальным способом (а) и ширительная рамка (б)

мощью специального устройства 7; длина пленки определяется счетчиком 8.

Приемные и тянущие валки, а также барабан 4 приводятся в движение от электродвигателя через редуктор 9, цепные 10 и зубчатые 11 передачи.

На рис. 116 показан червячный пресс для производства пленки горизонтальным способом. На станине 1 пресса смонтирован ци-

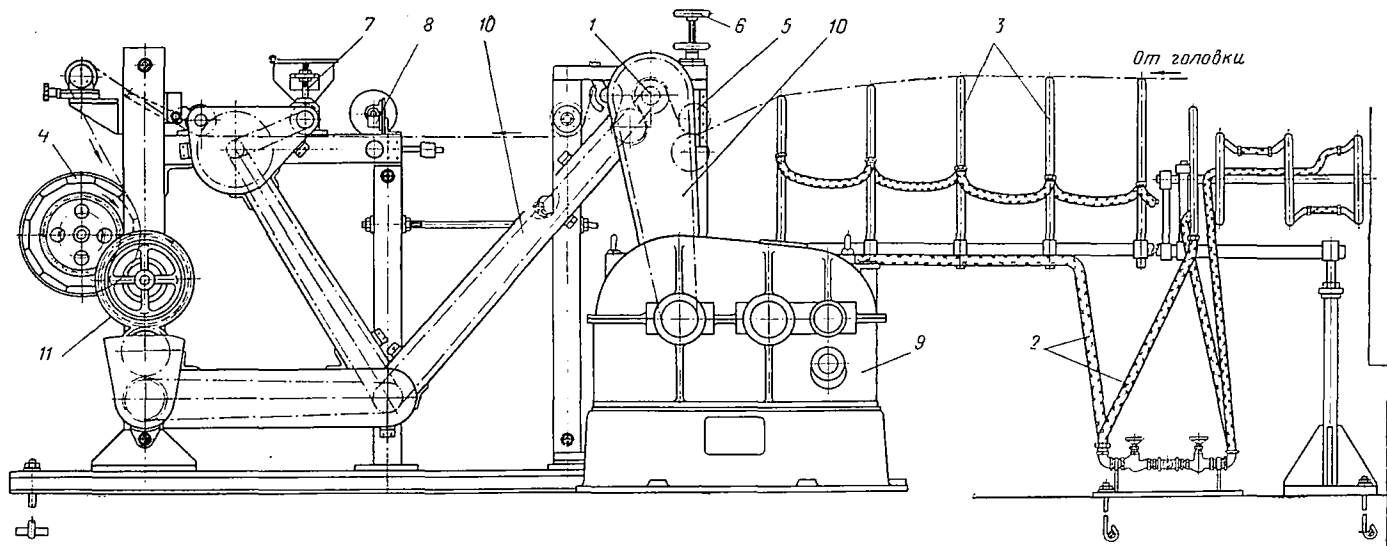


Рис. 115. Устройство для приемки, вытягивания и намотки пленки

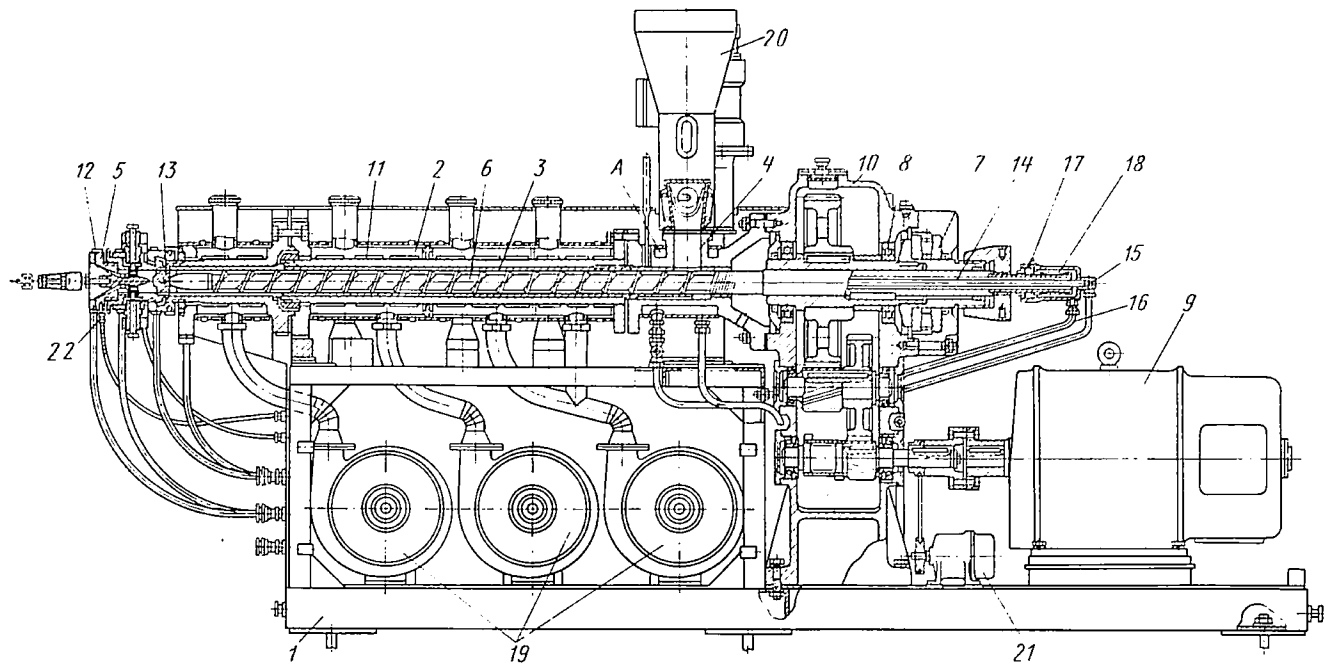


Рис. 116. Червячный пресс для получения пленки горизонтальным способом

линдр 2 с запрессованной в него втулкой 3 и загрузочной воронкой 4 цилиндрической формы с каналом А для охлаждения материала в загрузочной части цилиндра. К червячному прессу прикреплена оформляющая головка 5. Осевые и радиальные силы червяка 6, возникающие при работе, воспринимаются упорным 7 и радиальными 8 подшипниками.

Червяк приводится от электродвигателя 9 через редуктор 10. Три зоны цилиндра и две зоны оформляющей головки обогреваются электронагревателями 11 и 12. Между цилиндром и головкой устанавливается набор металлических сеток 13 для фильтрации выдавливаемого расплава и создания в полости цилиндра необходимого давления с целью получения высокой гомогенизации расплава. Внутри полого червяка установлена трубка 14 подвода охлаждающей воды через патрубок 15. Отработанная вода сливается через патрубок 16. В качестве уплотнения применена опора с трением качения (подшипник 17) и силовым сильфоном 18. Цилиндр при перегревании охлаждается центробежным вентилятором 19. Материал в загрузочную воронку поступает из бункера 20. Число оборотов червяка контролируется тахогенератором 21, а температура цилиндра и головки — термомпарами 22.

Горизонтальный способ производства пленки имеет ряд недостатков: на пути к тянущему и намоточному устройствам пленка деформируется, приобретая эллипсоидную форму; при медленном охлаждении получается разнотолщинность. Поэтому чаще применяют вертикальный способ.

Установка для получения пленки способом раздува рукава вертикально вверх (рис. 117) состоит из червячного пресса 1, рамы 2, в верхней части которой смонтированы сплющивающее и тянущее устройства, и намоточного устройства 3. Расплав полимера из червячного пресса выдавливается через кольцевую щель угловой головки 4 вертикально вверх. При этом образуется рукав 5, который раздувается изнутри сжатым воздухом. Охлаждается пленочный рукав воздухом, поступающим через кольцо 6. В верхней части рукав сплющивается направляющими пластинами 7 и плотно зажимается валками 8 тянущего устройства. Затем пленка в виде двойной плоской ленты наматывается на барабан 9 намоточного устройства 3. Степень продольной вытяжки, зависящая от скорости валков 8, равна 5—6, а степень поперечной вытяжки сжатым воздухом 1,5—2,5; диаметр раздуваемого рукава контролируется фотоэлементом, который регулирует подачу воздуха в пленочный рукав.

Приемное устройство для непрерывной вытяжки пленки через кольцевую щель с раздувом вверх (рис. 118) представляет собой сварную раму с нижней 1 и верхней 2 площадки, соединенными четырьмя вертикальными стойками. Верхняя площадка имеет настил и поручни 3. На нижней площадке смонтировано устройство для приема пленки и намотки ее в рулон, состоящее из двух

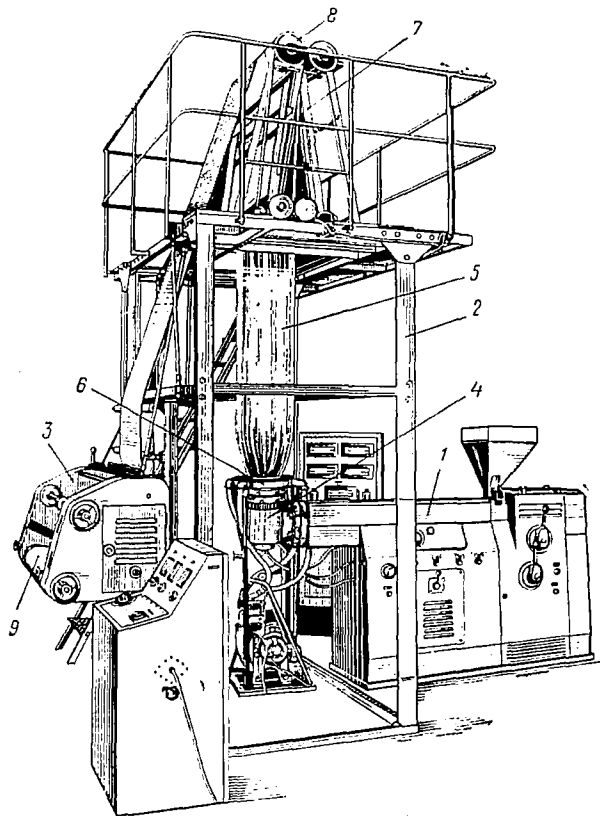


Рис. 117. Установка для производства пленки
вертикальным способом (вверх)

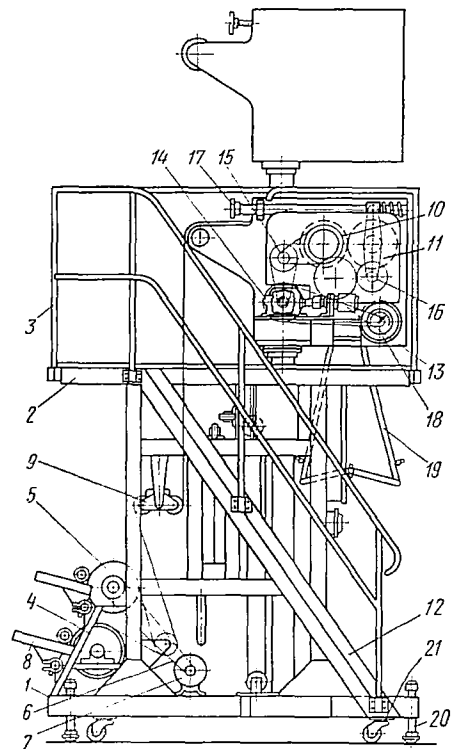


Рис. 118. Приемное устройство

гуммированных ведущих валков 4 и 5, приводимых во вращение цепными передачами 6 от мотор-редуктора 7.

За торцами каждого из ведущих валов на цапфах наклонно укреплены зубчатые рейки 8. С этими рейками находятся в зацеплении шестерни, смонтированные на подшипниках, надетых на свободно лежащие оправки. Оправки имеют конусы, в которые вставляется картонная или деревянная бобина для закрепления на ней конца пленки. Оправка с бобиной под действием собственного веса прижимается к ведущему валу и в результате трения о его поверхность приводится во вращение, наматывая на себя полотно пленки. По мере намотки рулон постепенно отжимается ведущим валом и вместе с оправкой перематывается по рейкам вверх. Линейная скорость намотки при этом остается постоянной, а число оборотов рулона автоматически изменяется.

При достижении заданного диаметра рулона пленку отрезают и конец ее заправляют аналогичным способом на вторую бобину, установленную около второго ведущего вала, после чего намотанный рулон убирают и на его место устанавливают новую бобину.

При необходимости получения двух полотен пленки на раме компенсирующих валов 9 устанавливаются ножи для обрезки рукава с двух сторон. Полотна заправляются на верхний и нижний валы наматывающего устройства и сматываются в два самостоятельных рулона.

Пленочный пузырь вытягивается и складывается в полотно вытяжными валами 10 и 11. Вал 10 приводится во вращение от электродвигателя 13 с вариатором 14 через цепную передачу 15. Ведомый вал 11 смонтирован на цапфах в шарнирном рычаге 16, который может быть перемещен винтами 17 для заправки пленочного рукава между вытяжными валами. Частота вращения валов контролируется счетчиком 18, приводимым во вращение от вариатора.

Для плавного перехода пленочного пузыря из цилиндрической формы в плоскую при сжатии его в вытяжных валах служит направляющая 19, угол развода которой регулируется.

Рама приемного устройства, устанавливаемая в рабочем положении на четырех домкратах 20, в транспортном положении может передвигаться на катках 21. На лицевой стороне рамы укреплен пульт управления, на котором смонтированы контрольные электроприборы, кнопочная станция пуска и останова электродвигателей и регулятор оборотов электропривода ведущих валов наматочного устройства.

Доступ на верхнюю площадку для заправки рукава в вытяжные валы, регулирования вариатора и прочих работ осуществляется по лестнице 12.

Применяют и другой способ получения рукавной пленки — с раздувом вниз, при котором червячный пресс устанавливают на верхнем этаже, а приемное устройство — на нижнем, таким образом, рукав, раздуваемый в пузырь, размещают между этажами.

Производство равнотолщинной пленки методом раздувания и намотки ее без складок на горизонтальных червячных прессах затруднено. Для получения качественной пленки применяют установку с вертикальным вращающимся червячным прессом (ротатрудер) 1 (рис. 119). Пресс вместе с прямоточной головкой 2 попеременно поворачивается на 1,8 рад в обоих направлениях, вследствие чего пленка равномерно и плотно наматывается на барабаны 3 намоточного устройства. Материал из пресса нагнетается в головку 2, откуда он выходит в виде раздуваемого рукава 4, обтекает ширительную рамку 5, обжимается цилиндрическими роликами 6 и поступает к тянущим валкам 7. Затем происходит продольная обрезка кромок и намотка двух пленочных лент на барабаны 3. Рукав охлаждается воздухом с помощью кольца 8.

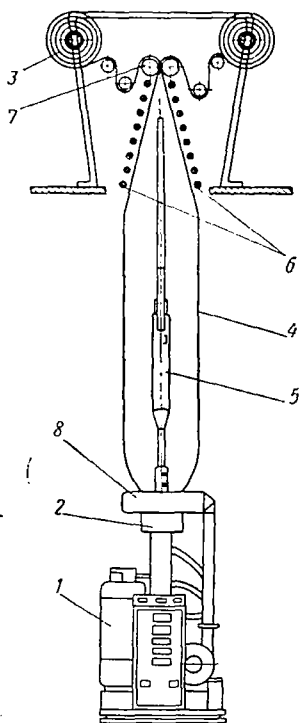


Рис. 119. Вращающийся вертикальный червячный пресс

и т. д. Наибольший интерес представляют плоские двухосно ориентированные пленки с термофиксированной надмолекулярной структурой.

Существуют две принципиальные технологические схемы производства плоских двухосно ориентированных пленок — одностадийная и двухстадийная (раздельная). Соответственно и все существующее оборудование можно отнести к этим схемам. В первом случае ориентация в двух взаимно перпендикулярных направлениях осуществляется на одной установке, а во втором — на двух отдельных установках.

Современное оборудование для производства ориентированных пленок по двухстадийной схеме представляет собой поточные

автоматизированные агрегаты. Агрегат состоит из червячного пресса 1 (рис. 120) с бункером 2 и плоскощелевой профилирующей головкой 3, установок для приема, формирования, охлаждения, продольной ориентации 4, поперечной ориентации 5 и намоточ-

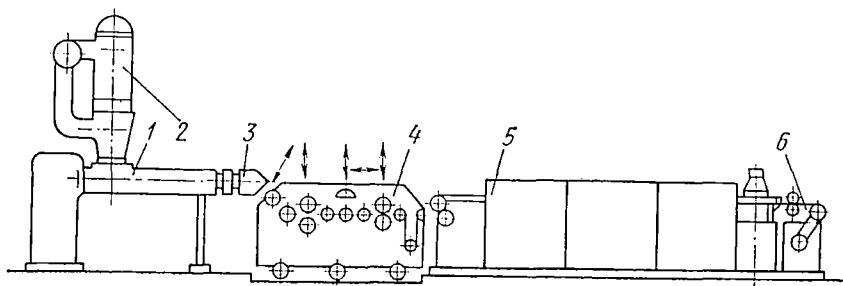


Рис. 120. Схема агрегата для производства ориентированных пленок

ного устройства 6. Агрегат укомплектован датчиками для измерения толщины пленки, компенсаторами для согласования скорости отдельных установок, а также вспомогательным оборудованием для переработки отходов, подогрева и сушки подаваемого сырья и др.

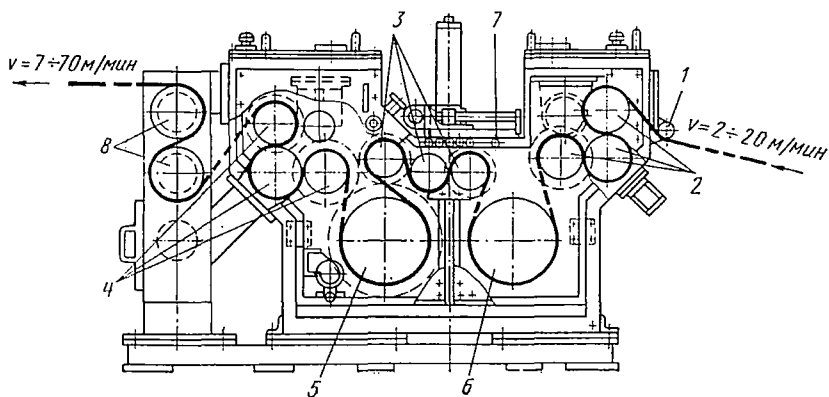


Рис. 121. Установка для продольной ориентации

Установка для продольной ориентации состоит из двух групп валков: медленно и быстро вращающихся; первые валки обогреваются, вторые охлаждаются. Для предотвращения проскальзывания валки имеют прижимные ролики. Неориентированная полимерная пленка поступает через направляющий ролик 1 (рис. 121) на медленно вращающиеся валки 2 и нагревается на них до температуры стеклования. Пленки в продольном направлении ориентируются за счет разницы линейных скоростей обеих групп валков на участках, где установлены ориентирующие валки 3.

Затем пленка поступает на быстро вращающиеся валки 4, где охлаждается на валке 5. При этом резко затормаживаются релаксационные процессы, а структура пленки фиксируется.

Система автоматического регулирования дает возможность подерживать заданное соотношение скоростей между валками. Обычно на медленно вращающихся валках 6 предварительно нагреваются заготовки, а окончательно — электронагревателем 7 инфракрасного излучения, установленным между валками. Мощность и спектр излучения нагревателя регулируют изменением напряжения тока, а ширину обогреваемой области и место ее расположения — смещением нагревателя. Выход продольно ориентированной пленки осуществляется направляющими валками 8. Основным рабочим элементом установки для поперечной ориентации являются две бесконечные цепи, на которых закреплены специальные зажимы — клуппы. Цепи расположены в горизонтальной плоскости симметрично оси машины и приводятся в синхронное движение от одного электропривода. Установка состоит из четырех участков. На первом участке, в зоне предварительного подогрева, для предотвращения провисания пленки при нагреве и для улучшения захвата пленки ветви цепей перемещаются параллельно или расходятся под небольшим углом. На этом участке одноосно ориентированная пленка захватывается по краям клуппами и нагревается до температуры стеклования. На втором участке, в зоне ориентации, ветви цепей расходятся под небольшим углом (до 10°), в результате чего пленка растягивается в поперечном направлении. На третьем участке, в зоне термофиксации, пленка нагревается до температуры значительно выше температуры стеклования, при которой происходит рекристаллизация — снятие внутренних напряжений. На четвертом участке при параллельном движении ветвей цепей, т. е. в конце зоны охлаждения, клуппы принудительно открываются и пленка освобождается.

Коэффициент ориентации пленки характеризуется соотношением ширины пленочного полотна на выходе и входе. Коэффициент ориентации плавно регулируется в диапазоне от нуля до 1 : 10. Сводится и разводится цепь перемещением направляющих, установленных на роликовых опорах.

Ориентированная и охлажденная пленка поступает на автоматическое устройство, имеющее тянущие ролики, приспособление для обрезки кромки, электрический нож для отрезки полотна, перезаправочное устройство и каретку с двумя или тремя захваточными бобинами. Основное требование, предъявляемое к намоточному устройству — это обеспечение наматываемой пленки в рулоны без складок, гофр и с достаточной плотностью.

Агрегаты для производства ориентированной пленки оснащены также бесконтактными приборами для измерения толщины пленки на любой стадии ее производства. Обычно применяют

изотопные калибры, основанные на β -излучении. Для снятия статического электричества применяют изотопные, основанные на α -излучении, или высокочастотные ионизаторы.

На рис. 122 приведена схема установки для одновременной ориентации пленки, состоящая из двух ветвей рабочей цепи 1 с зажимами 2 и винта 3 с переменным шагом, по которому перемещаются зажимы. Принцип работы данной установки и установки для поперечной ориентации аналогичен за исключением того, что в зоне ориентации продольная и поперечная вытяжка пленки происходит одновременно. Коэффициент ориентации в каждом направлении можно регулировать в диапазоне от 1:2 до 1:5.

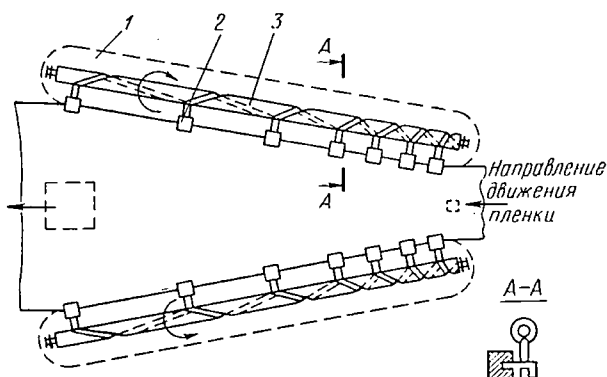


Рис. 122. Схема установки для одновременной ориентации

На рис. 123 показана схема отечественного агрегата для производства двухосно ориентированной пленки. Стабилизированный и пластифицированный сополимер в виде тонкодисперсного порошка засыпают в бункер 1 червячного пресса 2, где под воздействием тепла от нагревателей и трения материал расплавляется, гомогенизируется и выдавливается через кольцевую щель головки 3 в виде рукава. Рукав попадает на приводные приемные валки 4, расположенные в ванне 5 с водой, температура которой с помощью специального холодильного устройства поддерживается в пределах 7—9° С. Рукав, зажатый приемными валками, наполнен смазывающей жидкостью для предотвращения слипания при дальнейшей его раздуве. После ванны пленка через направляющие ролики 6 попадает в тянущие валки 7, скорость которых несколько выше скорости валков, расположенных в ванне. Между тянущими и приемными валками пленка в результате разности скоростей продольно ориентируется. Поперечная ориентация пленки производится с помощью раздува сжатым воздухом, который при заправке вводится в рукав. Далее пленка проходит через ограничительные устройства 8 и 9, устройство для складывания рукава 10, механизм обрезки кромок 11, устройства для снятия статического электричества, счетчик метража и наматы

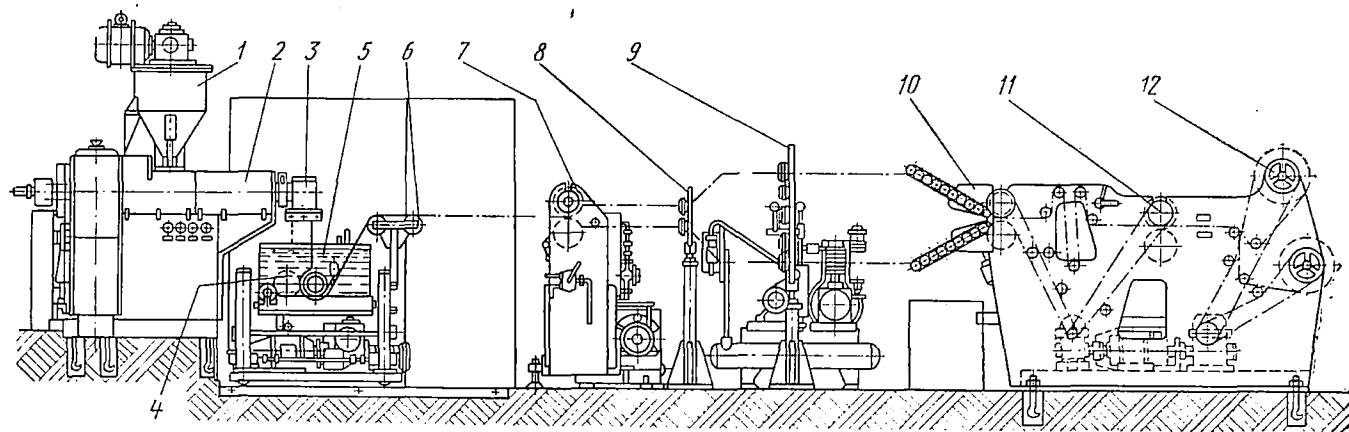


Рис. 123. Схема агрегата для производства пленки сарап

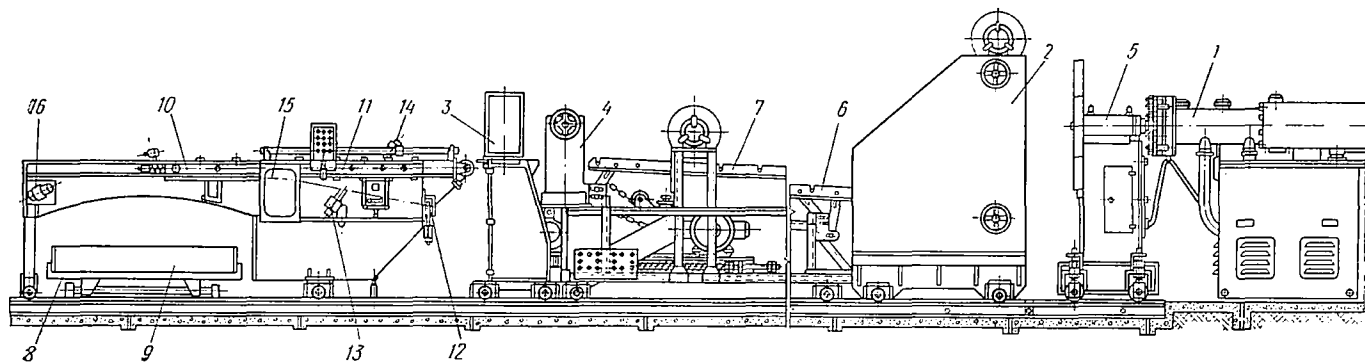


Рис. 124. Установка для производства листов

Техническая характеристика отечественных установок для производства пленки

Параметры	Тип установки					
	АРП-20-150	АРП-32-200	АРП-45-700	АРП-63-1000	УРП-1500	АРП-20-200
Диаметр червяка в мм	20	32	45	63	90	20
Отношение длины червяка к диаметру (L/D)	25	25	25	20	20	25
Частота вращения червяка в об/мин	12,5—125	11—106	9—90	7,5—75	11—72	12,5—125
	18—180	14—140	12—118	10—100	—	18—180
	26—200	21—212	18—180	15—150	—	26—260
Максимальная производительность в кг/ч	6	18	38	60	120	6,5
Скорость приема пленки в м/мин	1,5—15	2—20	2—20	2—20	18	3—30
Толщина пленки в мкм	20—250	15—200	20—100	25—260	40—120	30—100 (поли- этилен) или 150—300 (ПВХ)
Разнотолщинность в %:						
на пленке 20—40 мкм	±15	±15	±15	±15	—	—
» пленке 50—250 мкм	±10	±10	±10	±10	—	—
Ширина сложенной пленки в см	15	5—35	20—70	50—100	75—150	30
Установленная мощность агрегата в кВт	6	18,3	31,5	61,5	40,3	10
Расход воды в м ³ /ч	0,5	0,5	0,5	0,5	—	0,45
Расход сжатого воздуха в м ³ /ч	0,13	3	3	4	—	0,15
Габаритные размеры установки в м:						
длина	2	2,4	4,8	5,5	10	3,9
ширина	2,8	2,3	3,0	3,5	4,0	2,7
высота	2,9	2,8	3,8	5,2	5,1	2,8
Масса установки в т	1,4	2,3	4,4	7,1	6,8	1,7

вается в рулоны 12. Работа всего агрегата полностью автоматизирована.

В табл. 18 приведена техническая характеристика отечественных установок для производства пленок.

§ 8. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВ

Установка состоит из червячного пресса 1 (рис. 124), каландра 2 гильотинных ножниц 3, тянущего устройства 4 и укладчика листов. Листы изготовляют продавливанием расплавленного полимера (получаемого в прессе) через горизонтально щелевой зазор оформляющей головки 5. Полученная таким образом горячая лента подается на охлаждающие полированные валки трехвалкового вертикального каландра, где калибруется до определенной толщины. Затем по рольгангам 6 и 7 лента поступает к валкам тянущего устройства 4, которое подает ее в гильотинные ножницы для резки на листы определенного размера. Команду на отрезку листа подает система, состоящая из фотоэлемента 12, осветителя 13 и отражательного зеркала, находящегося на каретке укладчика. Дальнейшее движение листа производится с помощью укладчика, который состоит из тележки 8 с приемным столом 9 и подъемным механизмом, каретки 10 и приемного транспортера 11. Работа укладчика полностью автоматизирована и связана с работой всей установки. Отрезанный лист падает на приемный транспортер и ускоренно перемещается вдоль каретки до тех пор, пока не пересечет своей кромкой луч осветителя 14, вследствие чего срабатывает второй фотоэлемент, включающий привод 15 каретки. Направление движения каретки противоположно направлению движения транспортера, поэтому каретка выкатывается из-под листа, и он падает на приемный стол тележки, которая с помощью подъемного механизма поднята над полом на 0,5 м. Высоту стопки уложенных листов контролирует третий фотоэлемент с осветителем 16. После заполнения тележки листами ее место занимает порожняя вагонетка.

Ножницы гильотинного типа предназначены для поперечной резки листов. На двух стойках ножниц 1 (рис. 125) монтируются неподвижный нож 2 и траверса 3 с подвижным ножом 4. Команду на отрезку листа дает фотореле; при этом пружинные зажимы, установленные на траверсе, захватывают лист, и ножницы на катках 5 перемещаются по направляющим вместе с листом. Одновременно включается электромагнитная муфта 6, которая передает крутящий момент от электродвигателя 7 через редуктор 8, кулисный механизм 9, приводной вал 10, зубчатую передачу 11 к подвижному ножу 4. Нож перемещается вниз и отрезает изделие. По окончании резания кулачок 12 нажимает на конечный выключатель 13, и муфта выключается. Подвижной нож возвращается в верхнее крайнее положение пружинами 14.

Для получения гофрированных листов с продольной или поперечной волной в линии между каландром и вытяжным устройством

устанавливают механизм гофрирования. На рис. 126, а показан механизм для получения продольных гофр, который состоит из рамы 1 с формовочными плитами 2. Верхняя плита с помощью штурвала 3 может перемещаться по высоте, вследствие чего регулируется глубина гофрирования. Кромки обрезаются двумя дисковыми пилами 4. Пыль удаляется с помощью отсасывающего и фильтрующего устройств. Механизм поперечного гофрирования

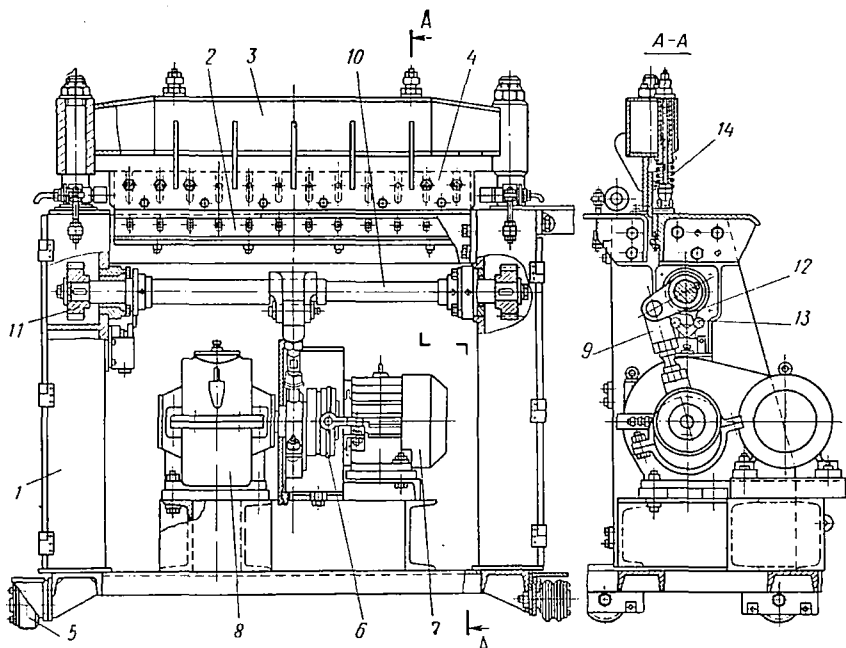


Рис. 125. Гильотинные ножницы

(рис. 126, б) представляет собой два роликовых конвейера (верхний 1 и нижний 2). Конвейеры смонтированы таким образом, что ролики 3 одного конвейера попадают между роликами 4 другого. При получении гофрированного листа с поперечной волной вместо укладчика устанавливают намоточное устройство (рис. 126, в). На тележке 1 устройства консольно монтируется намоточный барабан 2.

На рис. 127 показана схема производства двухслойных листов (поливинилхлоридного линолеума).

Подготовка сырья и материалов. Мешки с поливинилхлоридом и гидрофобным мелом по рольгангам 1 и 2 поступают в растарочные устройства 3 и 4. Далее сырье пневмотранспортерами подается в соответствующие вертикальные цилиндрические силосы 5 и 6. Из силосов поливинилхлорид и мел через секторный питатель подаются в соответствующие суточные бункера 7 и 8, уровень материала в которых контролируется автоматически. Добавки

поступают к разгрузочным устройствам 9, откуда материалы высыпаются в соответствующие бункера. Далее добавки взвешиваются на порционных весах 10. Взвешивание компонентов автоматическое по рецептуре на перфокартах. Затем компоненты предварительно перемешиваются в смесителе 11, работающем на автоматическом или ручном режиме, без обогрева. По окончании смешения добавки направляются в бункер 12, из которого по пневмопроводу транспортируются в суточный бункер 13,

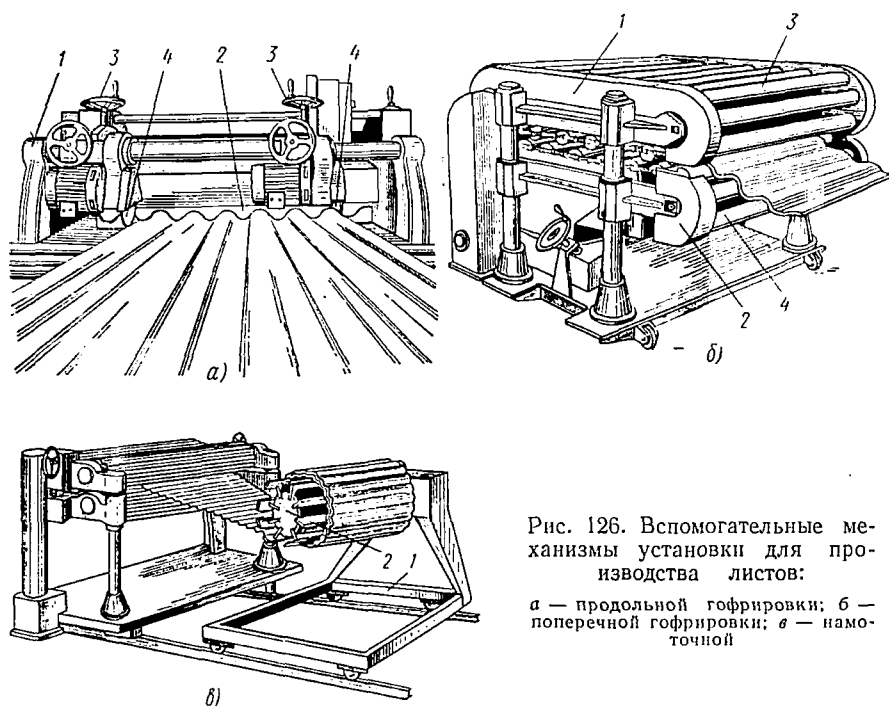


Рис. 126. Вспомогательные механизмы установки для производства листов:

а — продольной гофрировки; б — поперечной гофрировки; в — намоточной

В суточный бункер 14 направляют дробленые отходы кромки и брака, используемые только для получения нижнего слоя. Пластификатор и мягчитель насосами подаются в резервуары, находящиеся в смесительном отделении и предназначенные для промежуточного хранения жидких компонентов. Уровень пластификатора и мягчителя в резервуарах контролируется автоматической поплавковой системой. Из резервуаров пластификатор и мягчитель дозировочными насосами по трубопроводам подаются к смесителям.

Приготовление смеси для верхнего слоя. Из суточных бункеров смола, мел и отходы ленточными дозаторами подаются на порционные веса 15, работающие автоматически по рецептурам на перфокартах или на ручном режиме. На порционных весах 16 одновременно с основными компонентами взвешивают добавки.

Красители и мраморовидные гранулы вручную засыпают в воронку дозирочного устройства, питающего порционные весы 17. После взвешивания всех компонентов смесь из бункера разгружается в комбинированный двухступенчатый смеситель 18.

Готовая смесь подается в бункер 19, откуда через шлюзовой затвор пневмотранспортом направляется в бункер 20 для приготовления верхнего слоя линолеума.

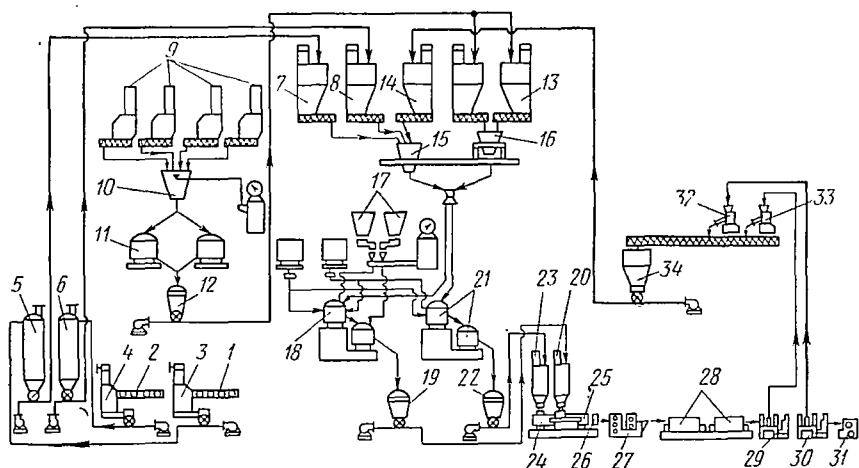


Рис. 127. Схема производства двухслойных листов (поливинилхлоридного линолеума)

Приготовление смеси для нижнего слоя. Смесь для нижнего слоя линолеума готовят в смесителе 21, который по конструкции и работе аналогичен смесителю для верхнего слоя. Готовая охлажденная смесь подается в бункер 22, из которого пневмотранспортом подается в бункер 23 для приготовления нижнего слоя.

Непрерывное формирование полотна двухслойного линолеума

Конструкции двухчервячных прессов как для верхнего слоя, так и для нижнего слоя линолеума аналогичны и отличаются только габаритными размерами и производительностью. На рис. 128 показан двухчервячный пресс отечественного производства. На сварной раме 1 монтируется корпус (цилиндра) 2 с комплектом червяков 3, расположенных горизонтально. Червяки приводятся от электродвигателя постоянного тока 4 через редуктор 6, передаточную коробку 7 и шлицевую муфту 8. Число оборотов контролируется тахогенератором 5. Корпус пресса имеет четыре зоны обогрева, нагрев которых и контроль температуры производится комплектом нагревателей 9 и термопар. Для охлаждения корпуса, загрузочной воронки и редуктора имеется система охлаждения водой 10, а для охлаждения электро-

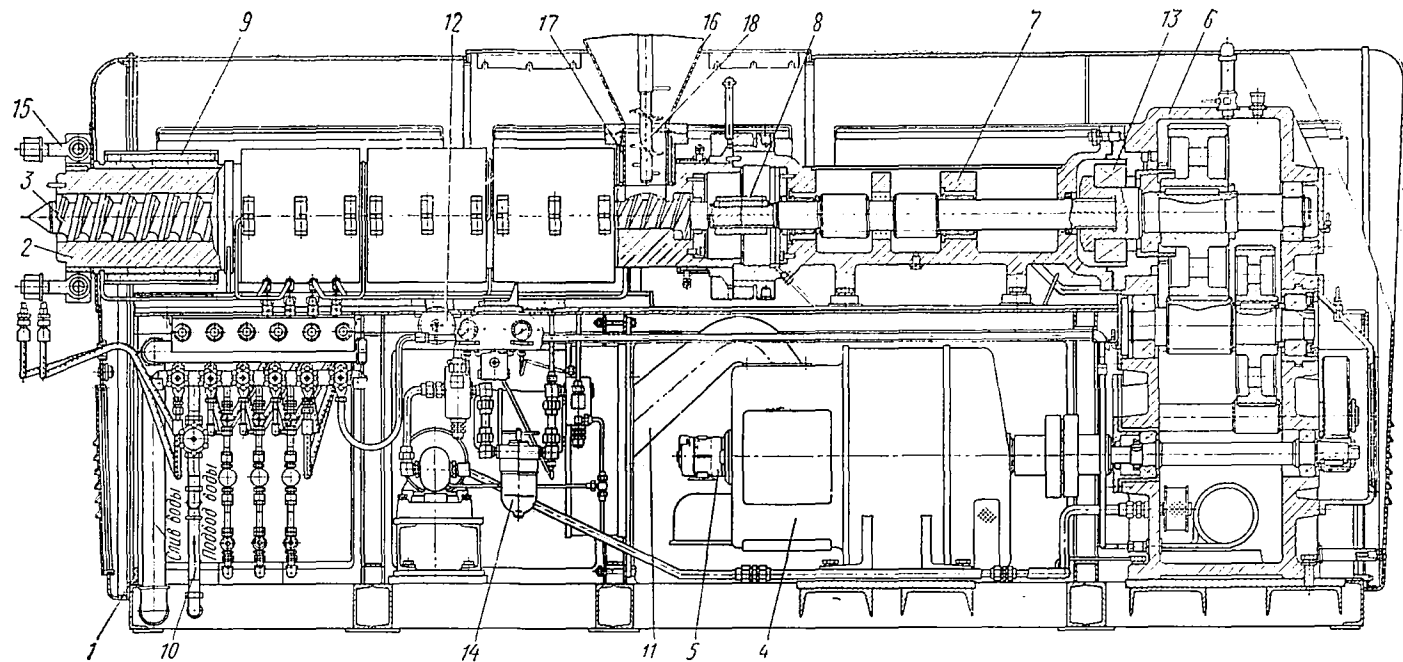


Рис. 128. Двухчервячный пресс

двигателя — система охлаждения 11 воздухом. Для перемещения корпуса служит механизм передвижения 12. Осевые силы червяков воспринимаются упорными подшипниками 13. Пресс снабжен системой смазки 14. Оформляющая головка крепится откидными болтами 15. Для равномерной подачи смеси из бункера 16 и предотвращения зависания ее в загрузочной воронке 17 имеется лопастная мешалка 18.

Через загрузочную воронку смесь попадает в пресс 24 (см. рис. 127) для приготовления нижнего слоя и пресс 25 — верхнего слоя. Пресс 24 имеет диаметр червяков 120 мм, а пресс 25 — 80 мм. Длина червяков для обоих прессов 15D.

Сначала включают пресс 24, и первая лента материала подается на листовой или деревянный поддон. Когда лента начинает равномерно поступать из обоих прессов в два канала общей щелевой головки 26, то оба слоя соединяются, получается дублированный материал, который вводится в зазор между валками гладильного устройства 27.

Затем лента поступает на транспортный конвейер, обогреваемый стержневыми нагревателями, с него — в камеру 28 для снятия напряжения, где полотно линолеума подвергается искусственной усадке при температуре 403° К. Нижний этаж камеры является зоной охлаждения. В камере циркулирует нагретый воздух, а в нижний этаж, т. е. в зону охлаждения, подается дозами холодный воздух. По выходе из камеры линолеум проходит через установку 29 для продольной обрезки кромок и установку поперечной резки 30. Готовый рулон принимается двухрулонным наматывающим устройством 31, снабженным специальными стержнями. Обрезанная кромка сразу же поступает в дробилку 32, а бракованный линолеум — в дробилку 33. Гранулированные отходы через бункер 34 пневмотранспортом направляются в суточный бункер 14 регенератора. Готовые рулоны снимаются с машины вилочными автопогрузчиками и направляются к улаковочному устройству, а оттуда на склад готовой продукции.

Рулоны линолеума, предназначенные для изготовления плиток, электрокарой подвозят к агрегату для вырубки плиток и ставят на размоточное устройство, с которого полотно линолеума валковым подающим устройством направляется в гидравлический вырубной пресс.

Готовые плитки и отходы в виде «вырубки» после штамповки роликовым конвейером подаются на транспортное устройство. Последнее состоит из направляющего стола, приемной тележки, опорной конструкции, резцовых салазок, поперечного ленточного конвейера и вытягивающего приспособления. Направляющий стол подает плитки к приемной тележке, разделенной на две части. Это дает возможность одновременно одну половину тележки загружать плитками, а другую разгружать. Вырубка подается транспортным приспособлением по резцовым салазкам к резцам, измельчающим ее. Поперечный ленточный конвейер направляет

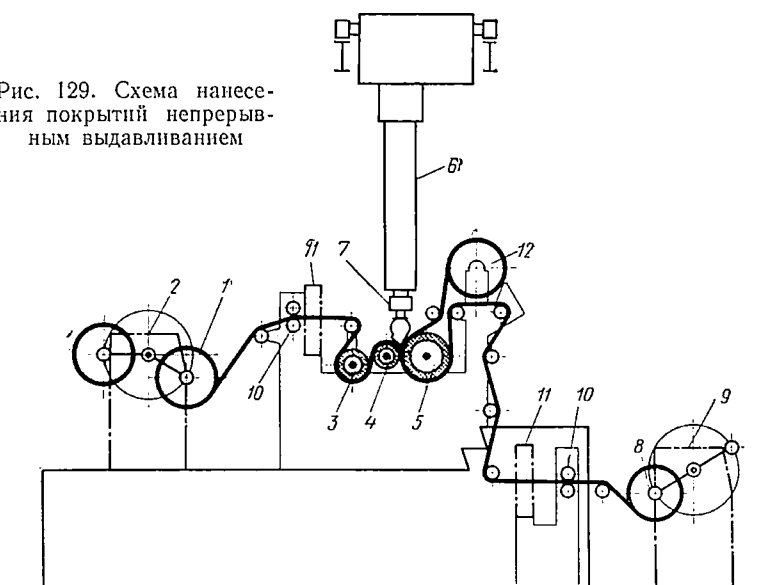
остатки вырубки к загрузочному отверстию мельницы для переработки отходов. Готовые плитки с приемной тележки штабелями подаются транспортером к упаковочной машине, где автоматически заворачиваются в бумагу. После изготовления каждого пакета машина автоматически останавливается, готовые пакеты выдвигаются и отправляются на склад.

§ 9. УСТАНОВКА ДЛЯ НАЛОЖЕНИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Покрyтия тонкой пленкой термопласта применяют для изготовления моющих обоев, электроизоляционных материалов и др.

Основа (ткань, бумага, металлическая пленка и др.) может быть покрыта пленкой как с одной, так и с двух сторон; покры-

Рис. 129. Схема нанесения покрытий непрерывным выдавливанием



тия наносят на каландрах или с помощью червячных прессов. Второй способ получил наибольшее распространение. Иногда основу покрывают заранее подготовленной нагретой пленкой.

Схема наложения покрытий непрерывным выдавливанием показана на рис. 129. Подложка (ткань, бумага и др.), на которую наносят покрытие, поступает с барабана 1 размоточного устройства 2 и предварительно подогревается, огибая нагревательный валок 3; затем поступает в зазор между прижимным 4 и рабочим 5 валками. Полимер выдавливают на подложку червяком вертикального пресса 6 через плоскощелевую головку 7 в промежуток между валками 4 и 5. За счет давления, создаваемого валками, происходит соединение подложки, со слоем пласт-

массы. Полученный таким образом материал затем охлаждается, кромки обрезаются, и он поступает на барабан 8 намоточного устройства 9. Для натяжения подложки с материалом служат тормозные валки 10, а для контроля толщины — калибровочное устройство 11. В установке также предусмотрены запасной рулон 12 подложки.

§ 10. МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ПУСТОТЕЛЫХ ИЗДЕЛИЙ

Пустотелые изделия формируются следующими методами: 1) непрерывным выдавливанием на червячных прессах с одновременным раздувом (совмещенный); 2) непрерывным выдавливанием

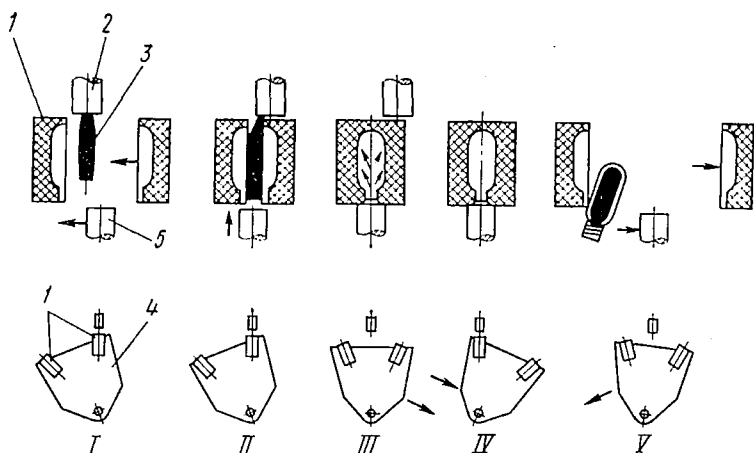


Рис. 130. Схема работы машины для формования пустотелых изделий

на червячных прессах с последующим раздувом (раздельный); 3) инжекционно-выдувным (совмещенный); 4) комбинированным; 5) инжекционно-сварочным; 6) каландрово-выдувным.

Наибольшее распространение получил первый метод.

Сначала получают трубчатую заготовку, а затем сразу же раздувают ее сжатым воздухом в разъемных формах.

На рис. 130 показана схема работы машины для формования выдувных изделий. Рабочий процесс состоит из ряда операций. В положении I показано начало цикла: форма I открыта и находится под головкой 2 червячного пресса. В это время выдавливается заготовка 3. Затем форма начинает закрываться, приводя каретку 4 с воздуховодом 5 в положение готовности к раздувке. В конце закрывания формы трубчатая заготовка отрезается ножом подвижной части формы, а воздуховод 5 поднимается в положение раздувки (положение II).

Одновременно с полным замыканием формы каретка откидывается, открывая при этом поступление воздуха в форму, и за-

готовка раздувается (положение *III*). Затем форма охлаждается. В этот период каретка перекидывается и под головку пресса подводится вторая форма, готовая к первым трем операциям (положение *IV*). В последней операции (положение *V*) форма раскрывается, освобождая готовое изделие.

Двухпозиционный агрегат для формования изделий по рассмотренному выше способу показан на рис. 131. Агрегат состоит из червячного пресса 1, угловой оформляющей головки 2, каретки 3 с воздуховодом 4, пульта управления 5, в нижней части

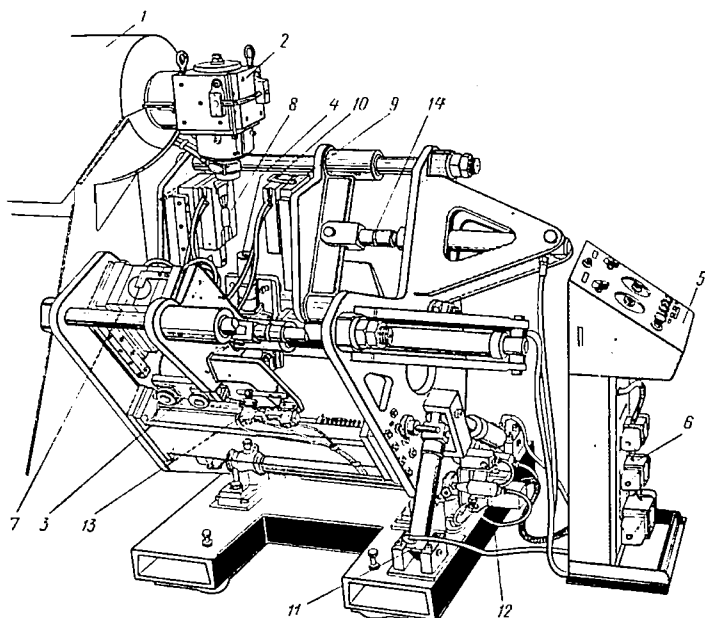


Рис. 131. Двухпозиционный агрегат

которого смонтированы гидравлические клапаны 6, и двух форм 7, состоящих из двух частей — неподвижной 8 и подвижной 9. Подвижная половина формы имеет нож 10 для отрезания выдавливаемой заготовки. Каретка может совершать качательное движение при помощи гидроцилиндров 11. Ход каретки ограничивают конечные выключатели 12. Давление воздуха при раздувании, достигающее $0,6 \text{ МН/м}^2$, регулируется вентилем 13. Перемещение подвижной части формы ограничивается стопорной разъемной втулкой 14.

Принцип работы этой машины основан на использовании двух пар полуформ, в которых одна закреплена неподвижно, а другая движется относительно первой.

За ходом подвижной полуформы движется нож, который отделяет заготовку от основной массы выдавливаемого материала одновременно с подходом воздуховода, расположенного по центру

кольцевой щели. Машина предназначена для производства сосудов емкостью от 0,5 до 6 дм³. Пресс снабжен червяком $D = 63$ мм с отношением $L/D = 18$ и развивает производительность до 0,016 кг/с при скорости вращения червяка 3 рад/с.

Машина может работать как одиночными, так и двойными циклами; таким образом, можно использовать лишь одну из форм,

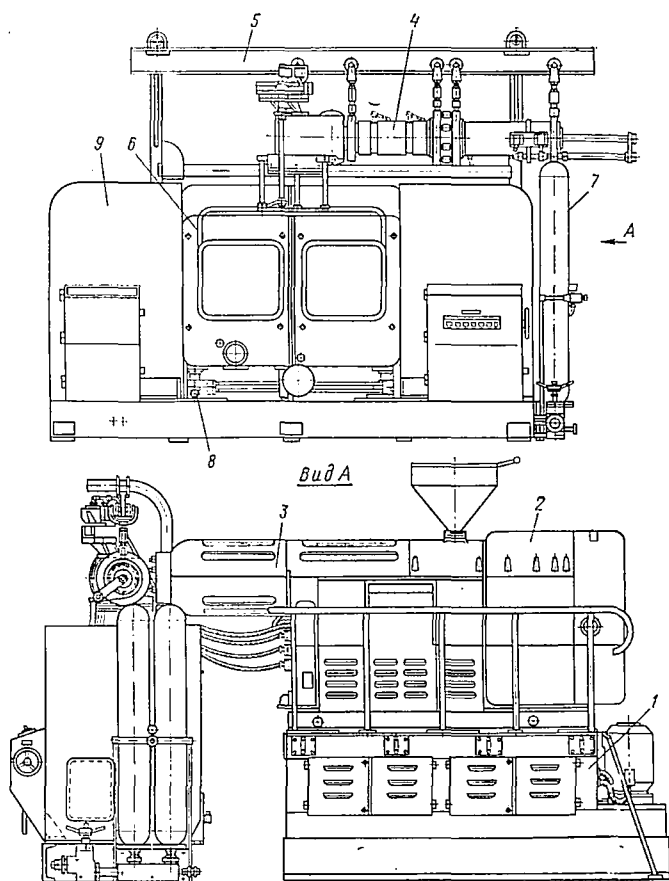


Рис. 132. Агрегат для производства крупногабаритных изделий

в то время как вторая останется свободной. При работе двойными циклами можно в каждой из форм получать изделия с различной конфигурацией.

На рис. 132 показан отечественный агрегат для производства полых крупногабаритных изделий. На станине 1 крепится червячный пресс 2, к цилиндру 3 которого монтируется оформляющая головка 4 с копильником, подвешенным к монорельсу 5.

Приемное устройство 7 — однопозиционное с двумя подвижными плитами. Опасная зона механизма запирания закрыта ограждением 6, открываемым и закрываемым автоматически в цикле работы машины. При подаче жидкости от аккумулятора в цилиндр копильника плунжер впрыска перемещается, выдавливая заготовку. Механизм запирания установлен на двух домкратах, проводимых в действие от рукоятки 8. В левой части машины находится пульт управления 9. Головка с копильником располагается относительно механизма запирания в зависимости от размеров формы. Благодаря копильнику увеличивается скорость выдавливания заготовки большого диаметра, уменьшается ее

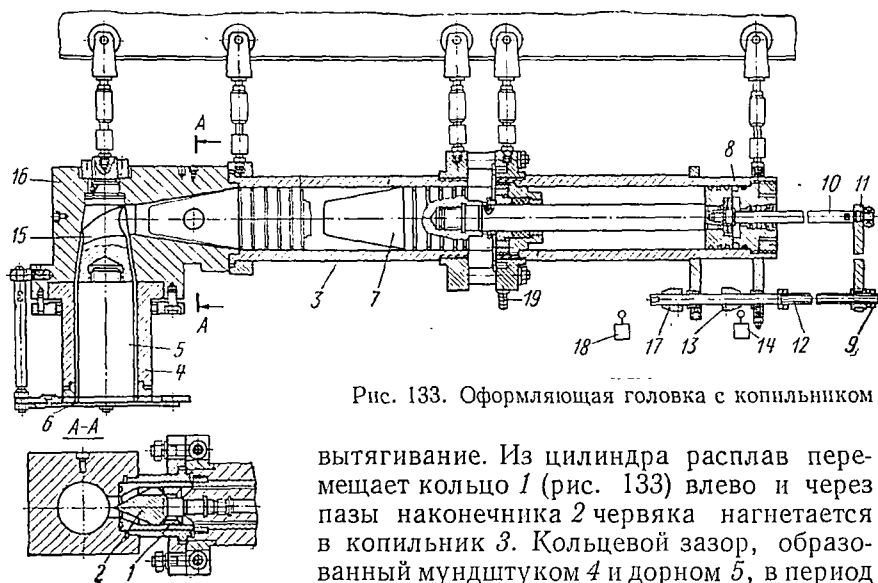


Рис. 133. Оформляющая головка с копильником

вытягивание. Из цилиндра расплав перемещает кольцо 1 (рис. 133) влево и через пазы наконечника 2 червяка нагнетается в копильник 3. Кольцевой зазор, образованный мунштуком 4 и дорном 5, в период накопления перекрыт ножом 6. Под давлением расплава плунжер 7 впрыска перемещается вправо. В период накопления поршневая полость цилиндра 8 соединяется со сливом через напорный клапан. Создаваемое противодействие уплотняет расплав, удаляя из него воздух. Объем накапливаемой дозы расплава в копильнике регулируется гайками 9. Совместно с плунжером впрыска перемещаются вправо шток 10 и водило 11. В конце хода водило упирается в гайки 9 и перемещает тягу 12. Кулак 13 воздействует на конечный выключатель 14, и червяк останавливается. При подаче жидкости в поршневую полость цилиндра заготовка выдавливается. До начала выдавливания отводится нож. Расплав, вытесняясь плунжером, обтекает дорнодержатель 15, установленный в корпусе 16, и продавливается сквозь кольцевой зазор. В конце выдавливания заготовки кулак 17 воздействует на конечный выключатель 18. В магистраль 19 подается вода, что уменьшает передачу тепла от копильника к цилиндру.

На рис. 134 показан механизм ниппеля, который перемещается относительно оси приемного устройства 1 с маховичком 2. Корпус 3 привернут к плите 4, перемещающейся по направляющим. В корпусе смонтировано зубчатое колесо 5, находящееся в зацеп-

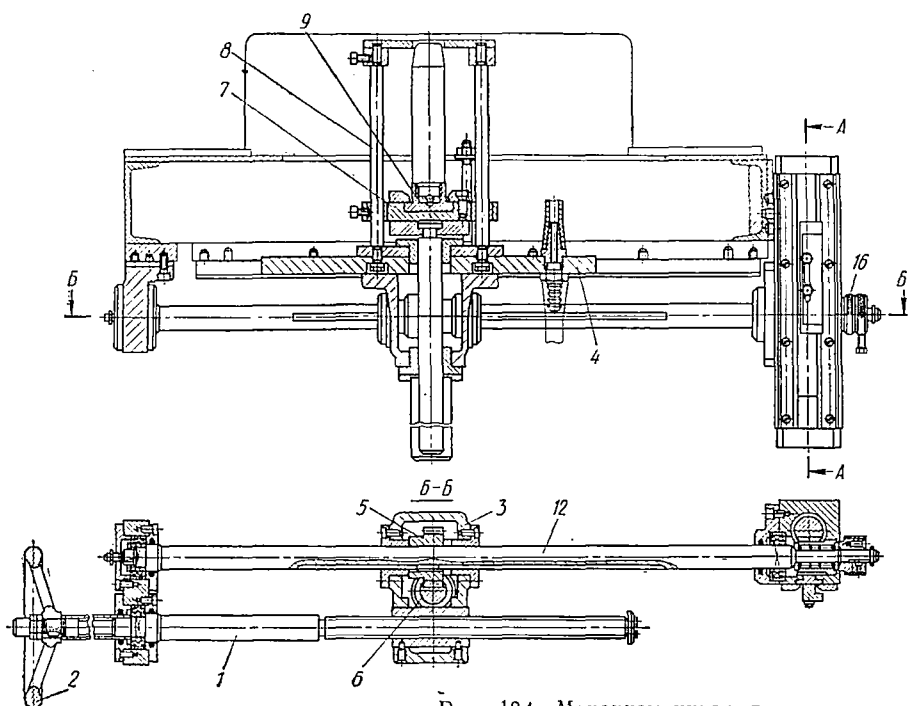
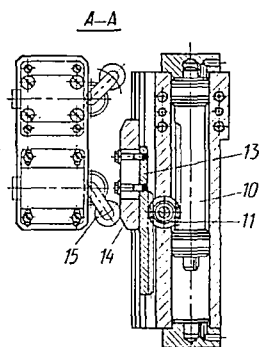


Рис. 134. Механизм ниппеля



лении с рейкой 6. Рейка связана с кареткой 7, перемещающейся по колонкам 8. На каретке установлен держатель 9 ниппеля. Приводом для перемещения ниппеля служит золотник-рейка 10, поворачивающая колесо 11, вал 12 и колесо 5. На рейке 13 установлен кулачок 14, действующий на конечные выключатели 15, которые подают команду на перемещение соответствующих механизмов.

При работе с неподвижным ниппелем муфта 16 перемещается вправо и разъединяет привод с валом 12. Ниппель перемещается перпендикулярно относительно оси приемного устройства, что позволяет изготовлять различные по конфигурации детали. В начале цикла ниппель находится в верхнем положении. По оконч-

Параметры	Тип установки							
	ЭВА-1	ЭВА-2В	ЭВА-10П	ЭВА-60П	АВ-0,5	АВ-9	АВ-68	АВ-225
Объем изделия в л	0,1—1	0,1—2	5—10	20—60	До 0,12	10	70	230
Диаметр червяка в мм	45	60	80	90	32	63	63	90
Отношение длины червяка к его диаметру	20	14,5	16	20	25	20	20	16
Скорость вращения червяка в об/мин	20—140	0—100	20—100	20—120	11—106; 14—140; 21—212	25—100	25—100	25—100
Давление сжатого воздуха, подаваемого на раздув заготовки, в Н/м ²	5 · 10 ⁵	4 · 10 ⁵	4 · 10 ⁵	До 5 · 10 ⁵	(1,6—4) × × 10 ⁵	(5—6) × × 10 ⁵	(5—6) × × 10 ⁵	(4—8) · 10 ⁵
Сила смыкания полуформ в КН	8	20	95	200	7	54,5	215	570
Объем копильника в дм ³	—	0,25	1,3	8,5	—	—	7,5	10,25
Ход подвижных плит в мм	60	90	350	530	100	—	400	600
Расстояние между плитами в мм	170—290	80—300	200—550	100—1160	200	—	550	700
Расстояние между колоннами в мм:								
по горизонтали	250	460	400	605	300	—	350	740
» вертикали	180	240	110	505	170	—	600	980
Мощность привода пресса в кВт	8	5	14	25	6,28	32	32	42
Мощность обогрева в кВт:								
цилиндра	—	—	—	15	5,2	—	—	—
копильника и головки	6	10,5	4	12,5	1,5	19	19	52,3
Габаритные размеры агрегата в мм:								
длина	2680	3400	3600	4 400	2936	4500	6125	7 000
ширина	2552	2200	3500	3 850	2050	3600	4750	5 500
высота	2060	2100	2825	2 700	2373	2735	3650	4 950
Масса агрегата в кг	5300	4500	8700	14 000	1324	4500	8300	20 000

чании периода охлаждения форма раскрывается и ниппель опускается вниз, а изделие встречает планку и снимается с него.

В табл. 19 приведена техническая характеристика раздувных агрегатов на базе червячных прессов.

§ 11. ПРЕССЫ НЕПРЕРЫВНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ С ДИСКОВЫМИ ЧЕРВЯКАМИ И БЕСЧЕРВЯЧНЫЕ

В основном на червячных прессах тепло, необходимое для получения расплава, передается теплоотдачей от внутренней поверхности обогреваемого цилиндра. Но так как полимеры имеют низкую теплопроводность, такой способ передачи тепла

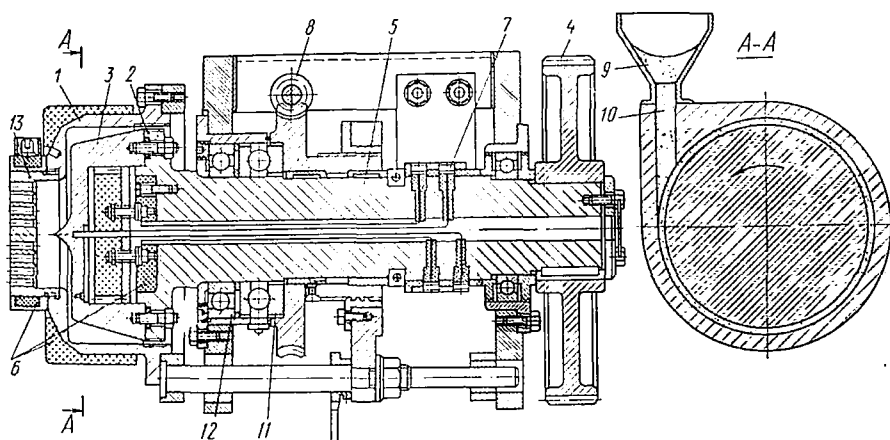


Рис. 135. Дискový червячный пресс

требует длительного пребывания (обычно несколько минут) материала в прессе. Повышение разности температур между цилиндром и холодным полимером улучшает теплообмен, но вызывает опасность термической деструкции полимера. Поэтому желательно нагревать полимеры более равномерно и за короткое время, используя, например, механическую энергию трения.

Червячным прессам свойственны также колебания давления в головке, которые тем меньше, чем правильнее выбрана конструкция червяка. Вследствие этого червячные прессы не всегда обеспечивают высокое качество смешения и диспергирования материалов, для которых необходим равномерный и интенсивный сдвиг по всей длине червяка. Кроме того, червячные прессы сложны в изготовлении и эксплуатации, сравнительно дороги и требуют больших производственных площадей.

Пресс с дискovým червяком (рис. 135) работает на принципе использования эффекта нормальных сил, возникающих при сдвиге вязкоэластичного материала между вращающимся и неподвижным дисками. Внутри обогреваемого корпуса 1 (неподвиж-

ного диска) крепится к фланцу 2 подвижной диск 3 (червяк). Диск червяк приводится через шестерню 4 и вал 5. Корпус и диск обогреваются электронагревателями 6, ток к которым подводится через клеммы 7. Зазор между диском и корпусом регулируется с помощью червячной передачи 8. Материал из бункера 9 поступает по каналу 10, который расположен тангенциально к зоне загрузки пресса. Осевые и радиальные силы воспринимаются соответственно подшипниками 11 и 12. Выдавливается расплав через решетку 13.

Для нанесения покрытий применяют червячный пресс (рис. 136) с цилиндром, состоящим из двух фланцев 1, между которыми установлен червяк (круглый диск) 2 со спиральными пазами на

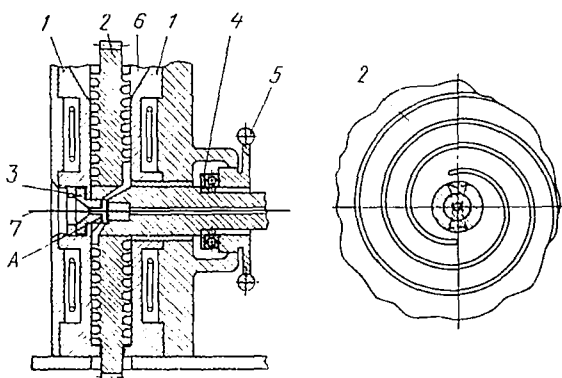


Рис. 136. Червячный пресс с диском-червяком

торцовых поверхностях. Оформляющая головка 3 вращается навстречу диску. Давление возникающее при работе, воспринимается упорным шарикоподшипником 4. Червяк приводится от электродвигателя через шестеренчатую передачу. Расстояние между фланцами регулируется маховиком 5. Червяк в виде диска и соответствующая ему форма цилиндра обеспечивают компактную конструкцию машины, делают ее значительно более экономичной в отношении расхода материала.

Материал поступает в воронку 6 и равномерно заполняет спиралеобразные пазы, нагревается, расплавляется и перемещается к центру, где через вертикальный канал профилирующей головки покрывает изделие 7. Иногда для повышения степени смешения массы у спиралеобразных пазов червяка предусматриваются прорези.

Прессы с дисковым червяком имеют следующие недостатки: необходимость строго дозированного и равномерного питания и очень низкое давление на выходе по сравнению с обычными червячными прессами. Техническая характеристика отечественных установок на базе прессов с дисковыми червяками приведена в табл. 20.

Параметры	Тип пресса				
	ЭД2,2	ЭД2,2	ЭД5,5	ЭД5,5	ЭД22
Максимальная производительность в кг/ч	11	10	25	10	100
Диаметр прутка или шланга в мм	4—6	3—10	3—5	—	—
Диаметр рабочих дисков в мм	208; 250; 300	210; 250; 308	250	—	220—390
Величины зазора между диском и корпусом в мм	0—10	0—10	0—10	0—10	0—15
Мощность электродвигателя привода в кВт:					
червячного пресса	2,2	2,2	4,5	4,5	22
мешалки	0,18	0,18	0,18	0,33	0,7
фрезы	0,7	—	0,7	—	1,1
вентилятора	0,6	—	0,6	—	—
Мощность нагревателей в кВт	0,5	0,8	0,8	0,8	2,7
Размеры установки в м					
длина	4,3	3,3	4,3	4,7	3,7
ширина	0,8	1,1	0,9	1,9	0,9
высота	2,1	2,1	2,3	2,2	2,6
Масса установки в кг	8300	6000	9500	1400	—
Тип выпускаемой продукции	Гранулы	Шланги	Гранулы	Пленка из ПВХ	Гранулы полистирола

При плунжерном выдавливании масса материала находящегося в цилиндре, под давлением плунжера продавливается через мундштук. Этим способом перерабатывают некоторые пластмассы типа фторуглеродных соединений и термочувствительных материалов.

Пресс (рис. 137) состоит из двух вертикальных цилиндров 1 (рабочих) с плунжерами 2, размещенных над головкой 3, и двух горизонтальных цилиндров 4 (пластикационных) с плунжерами 5. Плунжеры приводятся от электродвигателя и двух масляных насосов — высокого и низкого давления. Удельное давление выдавливания составляет 84 МН/м^2 .

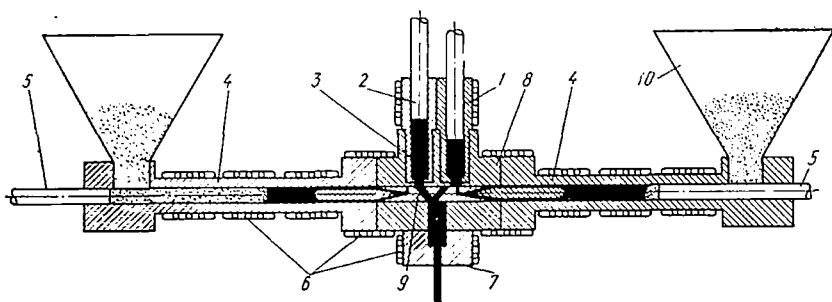


Рис. 137. Схема плунжерной машины непрерывного выдавливания

Электронагреватели 6, установленные на цилиндрах, головке и фильтре 7, поддерживают постоянную температуру в рабочих 1 и пластикационных 4 цилиндрах. Верхний предел рабочих температур определяется теплостойкостью уплотнительных колец 8 из политетрафторэтилена. Основным узлом машины является золотниковый дистрибутор. При подаче материала плунжером правого (по чертежу) пластикационного цилиндра золотник 9 под давлением материала передвигается в крайнее левое положение. Вследствие этого канал золотника соединяется с полостью правого вертикального цилиндра 1, в который начинает поступать расплав из пластикационного цилиндра. Одновременно происходит выдавливание материала через головку к фильтру 7 из левого ранее заполненного вертикального цилиндра. Каналы в золотнике расположены так, что левый канал, соединяющий вертикальный цилиндр и головку, открывается раньше, чем перекрывается правый.

Материал из бункера 10 автоматически подается в пластикационный цилиндр; при этом строго соблюдается синхронность подачи с ходом пластикационного плунжера.

Плунжерный пресс непрерывного выдавливания по сравнению с червячным прессом обладает следующими преимуществами: давление и температура регулируются независимо друг от друга, разложение материала за счет напряжения сдвига внутри рас-

плава очень мало. Недостатком плунжерных машин является низкая производительность, вследствие чего они не находят широкого применения.

До настоящего времени в промышленности пластмасс для производства изделий непрерывным выдавливанием применяли два принципиально различных типа устройств: плунжерные прессы и червячные прессы. Сравнительно недавно был создан третий тип машины — гидродинамический.

Принципиальная схема гидродинамической бесчервячной машины изображена на рис. 138, *а*. В корпусе 1 относительно неподвижной фасонной плиты 2 вращается плоский ротор 3. Ротор

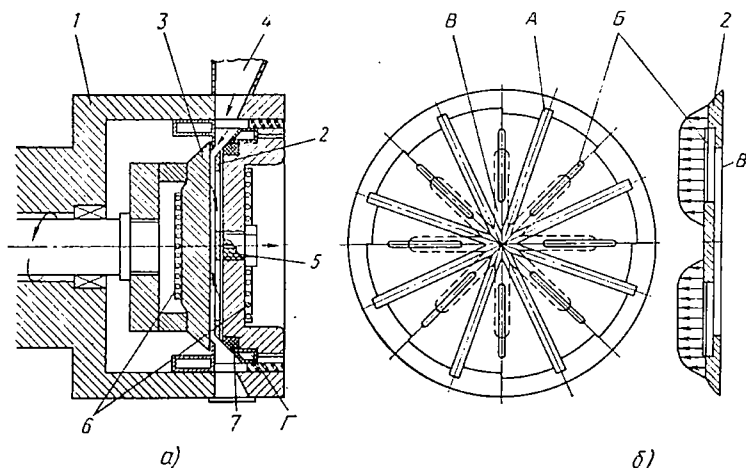


Рис. 138. Схема гидродинамической бесчервячной машины (*а*) и фасонная плита (*б*)

приводится от электродвигателя через гидромufту. Материал поступает из бункера 4 в зазор между ротором и фасонной плитой.

Ротор, вращаясь, продавливает расплавленный материал через радиальные плоскости *A* фасонной плиты (рис. 138, *б*). Затем потоки материала через отводные *B* и звездообразные *B* каналы направляются к центру и выдавливаются через оформляющую головку 5 (рис. 138, *а*). Термопласты нагреваются электронагревателями 6. Для предотвращения слипания материала бункер и зону питания охлаждают водой, циркулирующей по каналам *Г* рубашки 7 водяного охлаждения.

На машине можно перерабатывать полиэтилен, полистирол, полипропилен, ацетатцеллюлозу, полиэтилен с пенообразователем и нейлон. Гидродинамическая машина проста по конструкции, обеспечивает надежный нагрев перерабатываемого материала при минимальной продолжительности пребывания полимера в машине, вследствие чего резко снижается его термическая деструкция. Машина обеспечивает также создание высоких давлений.

§ 12. РАСЧЕТ ЧЕРВЯЧНЫХ ПРЕССОВ

Во время работы червячного пресса каждая частица непрерывно выдавливаемого материала описывает винтовую линию с углом подъема, близким к углу подъема винтовой линии червяка $\alpha = \text{arctg}(t/\pi D)$ (рис. 139, а). При этом поток перемещаемого вязкого материала складывается из трех отдельных потоков: прямого (вынужденного), обратного (под давлением) и утечки (уходящего в радиальный зазор между гребнями червяка и стенкой цилиндра).

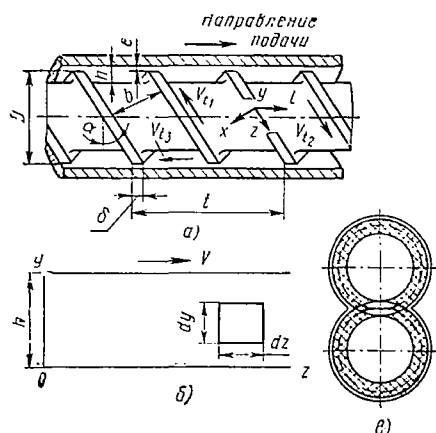


Рис. 139. Схема к расчету червячного пресса:

а — участок цилиндра; б — элементарный объем жидкости; в — схема зацепления червяков

ляет не более 0,15 мм. Производительность V_t червячного пресса определяется как алгебраическая сумма перечисленных выше потоков:

$$V_t = V_{t1} - V_{t2} - V_{t3}. \quad (184)$$

Излагая теорию процесса непрерывного выдавливания термопластов Э. Фишер указывает, что должны учитываться не только геометрические характеристики и конструктивные параметры червяка, но и физические свойства перерабатываемого материала и их изменение в процессе переработки.

В настоящее время процесс экструзии изучают с помощью идеализированной модели червячного пресса, в качестве которой обычно используют винтовой насос, перекачивающий вязкую жидкость. При подобном подходе наиболее важной характеристикой расплава полимера является его вязкость. Допустим, что течение жидкости имеет ламинарный характер, т. е. все струйки передвигаются в параллельных плоскостях, и что скорость каждой молекулы пропорциональна ее расстоянию от неподвижной плоскости. Тогда каждый элементарный объем жидкости будет деформироваться. Предполагается, что напряжение сдвига, вызы-

вающее эту деформацию, пропорционально градиенту скорости. Жидкости, для которых справедлива эта закономерность, называются ньютоновскими. Существуют и другие закономерности течения расплава различных полимерных материалов. Так, например, если температура в каждой точке зависит от положения точки, то величина вязкости μ также зависит от этого положения, т. е. от координат x, y, z (рис. 139, б).

Для объяснения теории течения расплава в винтовом канале червячного пресса может быть использована следующая модель. Вязкая несжимаемая жидкость течет под давлением между двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии h . Одна из плоскостей неподвижна, вторая движется с постоянной скоростью V . Течение жидкости стационарно. Требуется определить скорость жидкости в любой точке. Обозначим через v скорость элемента жидкости, имеющего координаты x, y, z . Если пренебречь инерционными силами, то силы, зависящие от давления и вязкости, направленные вдоль оси z , взаимно уравновешиваются:

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \frac{\partial p}{\partial z}, \quad (185)$$

где p — давление.

При $\mu = \text{const}$

$$\mu = \frac{d^2 v}{dy^2} = \frac{\partial p}{\partial z}. \quad (186)$$

Дважды интегрируя это уравнение, получим

$$v = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} y^2 + Ay + B. \quad (187)$$

Постоянные A и B определяются из условий, что на неподвижной плоскости скорость равна нулю, а на движущейся — V , т. е. $v = 0$ при $y = 0$ и $v = V$ при $y = h$.

Отсюда

$$v = \frac{Vy}{h} - \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{dp}{dz} (hy - y^2). \quad (188)$$

Первый член уравнения обуславливается движением верхней плоскости и соответствует вынужденному потоку, второй — потоку под давлением.

Производительность червячного пресса выразится следующим уравнением:

$$V_t = b \int_0^h v dy = \frac{Vbh}{2} - \frac{bh^3}{12\mu} \cdot \frac{dp}{dz}. \quad (189)$$

При определении производительности принято допущение о том, что канал имеет неограниченные размеры в направлении оси ox . Для мелких каналов, у которых отношение h/b мало

(b — ширина канала), выведенное уравнением может быть использовано с достаточной степенью точности.

Если не принимать допущения о неограниченной ширине канала, уравнение производительности будет более сложным. Уравнение Навье-Стокса в этом случае примет вид

$$\eta \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial v}{\partial y^2} \right) = \frac{\partial p}{\partial z}. \quad (190)$$

Решение этого уравнения находят при условиях, выражающих величину v в точках на границах канала.

Уравнение скорости состоит из двух частей, соответствующих прямому потоку v_1 и обратному потоку v_2 :

$$v = v_1 + v_2. \quad (191)$$

Прямой поток выразится уравнением

$$\mu \left(\frac{\partial^2 v_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_1}{\partial y^2} \right) = 0$$

(граничные условия: $v_1 = 0$ при $x = 0$ и $x = b$; $v_1 = 0$ при $y = 0$; $v_2 = V$ при $y = h$); обратный поток — уравнением

$$\mu \left(\frac{\partial^2 v_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_2}{\partial y^2} \right) = \frac{\partial p}{\partial z}$$

(граничные условия: $v_2 = 0$ при $x = 0$ и $x = b$; $v_2 = 0$ при $y = 0$ и $y = h$).

Сложив их, получим

$$\mu \left[\frac{\partial^2 (v_1 + v_2)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (v_1 + v_2)}{\partial y^2} \right] = \frac{\partial p}{\partial z} \quad (192)$$

(граничные условия: $v_1 + v_2 = 0$ при $x = 0$ и $x = b$; $v_1 + v_2 = 0$ при $y = 0$; $v_1 + v_2 = V$ при $y = h$).

Значения v_1 и v_2 можно представить в виде бесконечных рядов:

$$v_2 = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \left[\frac{y^2}{2} - \frac{hy}{2} + \frac{4h^2}{\pi^3} \times \right. \\ \left. \times \sum_{n=0, 1, 2, 3}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^3} \cdot \frac{\operatorname{ch} \frac{(2n+1)\pi(2x-b)}{2h}}{\operatorname{ch} \frac{(2n+1)\pi b}{2h}} \sin \frac{(2n+1)\pi y}{h} \right]; \quad (193)$$

$$v_1 = \frac{4V}{\pi} \sum_{n=0, 1, 2, 3}^{\infty} \left[\frac{1}{2n+1} \frac{\operatorname{sh} \frac{(2n+1)\pi y}{b}}{\operatorname{sh} \frac{(2n+1)\pi h}{b}} \sin(2n+1) \frac{\pi x}{b} \right]. \quad (194)$$

Производительность равна

$$V_{I1} + V_{I2},$$

где

$$V_{I1} = \int_0^b \int_0^h v_1 dx dy$$

и

$$V_{I2} = \int_0^b \int_0^h v_2 dx dy.$$

Преобразуя, получим

$$V_{I1} = \frac{iV_z b h}{2} k_1, \quad (195)$$

где k_1 — коэффициент формы прямого потока;

$$k_1 = \frac{16}{\pi^3} \frac{h}{b} \sum_{n=0, 1, 2, 3 \dots}^{\infty} \left[\frac{1}{(2n+1)^3} \operatorname{th} \frac{(2n+1)\pi \frac{h}{b}}{2} \right];$$

$$V_{I2} = -\frac{ibh^3}{12\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right) k_2, \quad (196)$$

где k_2 — коэффициент формы обратного потока;

$$k_2 = 1 - \frac{192}{\pi^5} \cdot \frac{h}{b} \sum_{n=0, 1, 2, 3 \dots}^{\infty} \left\{ \frac{1}{(2n+1)^5} \operatorname{th} \left[\frac{(2n+1)\pi}{\frac{2h}{b}} \right] \right\}.$$

Полученные уравнения течения вязкой несжимаемой жидкости между двумя параллельными плоскостями применимы для течения расплава в винтовом канале червяка. Если винтовой канал червяка развернуть в плоскости, причём поверхность червяка оставить неподвижной, а поверхность цилиндра передвигать со скоростью, равной линейной скорости червяка, то относительное движение будет таким же, как в червячном прессе с неподвижным цилиндром и вращающимся червяком.

Подставляя в уравнения прямого и обратного потоков геометрические параметры нарезки червяка, получим

$$V_t = k_1 \omega \frac{\pi^2 D^2 h (1 - i\delta/t) \sin \alpha \cos \alpha}{2} - \frac{k_2 \pi D h^3 (1 - i\delta/t) \sin^2 \alpha}{12\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial l}, \quad (197)$$

где ω — скорость вращения червяка; D — диаметр червяка; h — глубина винтового канала; i — число заходов червяка; δ — ширина витка в осевом сечении; t — шаг нарезки червяка;

α — угол нарезки; μ — вязкость расплава; l — длина винтового канала.

Приравнивая k_1 и k_2 к единице и преобразуя, получим

$$V_t = \varphi \omega - \frac{\beta}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z}, \quad (198)$$

где

$$\varphi = \frac{\pi^2 D^2 h (1 - i\delta/t) \sin \alpha \cos \alpha}{2};$$

$$\beta = \frac{\pi D h^3 (1 - i\delta/t) \sin^2 \alpha}{12}.$$

При однозаходном червяке, когда ширина δ витка в осевом сечении очень мала и ею можно пренебречь,

$$V_t = \frac{\pi^2 D^2 \omega h \sin \alpha \cos \alpha}{2} - \frac{\pi D h^3 \sin^2 \alpha}{12 \mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial l}. \quad (199)$$

Теперь определим поток утечки через плоскую щель, ширина которой равна развернутой длине витка, а толщина — величине зазора между гребнем червяка и внутренней поверхностью цилиндра. Размеры щели: толщина e , длина ($\delta \cos \alpha$), ширина ($\pi D / \cos \alpha$). Приняв во внимание, что общий перепад давления вдоль червяка равен ΔP , и введя коэффициент $\varepsilon = 1, 2$, учитывающий эксцентricитет червяка, получим величину потока утечки

$$V_{t3} = \frac{\pi^2 D^2 \varepsilon e^3 \operatorname{tg} \alpha \Delta P}{12 \mu \delta L}, \quad (200)$$

где L — эффективная длина червяка.

Производительность червячного пресса

$$V_t = \frac{\pi^2 D^2 \omega h \sin \alpha \cos \alpha}{2} - \frac{\pi D h^3 \sin^2 \alpha \Delta P}{12 \mu L} - \frac{\pi^2 D^2 \varepsilon e^3 \operatorname{tg} \alpha \Delta P}{12 \mu \delta}. \quad (201)$$

Производительность пресса соответствует величине потока, проходящего через оформляющую головку:

$$V_t = \frac{R \Delta P_r}{\mu_r}, \quad (202)$$

где R — константа, зависящая от геометрии головки; ΔP_r — перепад давления в головке; μ_r — вязкость расплава в головке.

Принимая $\Delta P = \Delta P_r$ и пренебрегая потоком V_{t3} ввиду его незначительности, получим

$$V_t = \frac{A h \sin \alpha \cos \alpha}{1 + B h^3 \sin^2 \alpha}, \quad (203)$$

где

$$A = \frac{\pi^2 D^2 \omega}{2} \quad \text{и} \quad B = \frac{\pi D}{12 R L}.$$

При определении константы R (коэффициента геометрической формы) головку условно разбивают на ряд участков различной конфигурации и для каждого участка определяют константу R_i .

Для цилиндрического канала

$$R_1 = \frac{\pi d^4}{128L}, \quad (204)$$

где d и L — диаметр и длина канала.

Для фильтрующей решетки

$$R_2 = \frac{\pi k d_o^4}{128S}, \quad (205)$$

где k и d_o — количество и диаметр отверстий в решетке; S — толщина решетки.

Для конического канала с уменьшающимся диаметром на выходе материала

$$R_3 = \frac{3\pi d_1^3 d_2^3}{128 (d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2)}, \quad (206)$$

где d_1 и d_2 — диаметры конуса на входе и выходе материала.

Для кольцевого цилиндрического канала

$$R_4 = \frac{\pi}{8L} \left[r_n^4 - r_b^4 - \frac{(r_n^2 - r_b^2)^2}{2,3 \lg \frac{r_n}{r_b}} \right], \quad (207)$$

где r_n и r_b — наружный и внутренний радиусы кольцевого канала.

Для кольцевого конического канала

$$R_5 = \frac{\pi (r_o e_2 - r_1 e_1)}{6L\kappa}, \quad (208)$$

где κ — коэффициент;

$$\kappa = \frac{2,3 (r_o - r_1)^2}{(r_o e_2 - r_1 e_1)^2} \lg \frac{r_o e_2}{r_1 e_1} - \frac{(r_o - r_1) (e_1 - e_2)}{(r_o e_2 - r_1 e_1) e_1 e_2} - \frac{e_1^2 - e_2^2}{2e_1^2 e_2^2},$$

r_1 и r_o — средние радиусы окружности на выходе и входе кольцевой щели; e_1 , e_2 — толщина щели на входе и выходе материала.

Для щелевого канала прямоугольного и клиновидного сечения

$$R_6 = \frac{bh^3}{12L}; \quad (209)$$

$$R_7 = \frac{b_1 h_1^2 h_2^2}{6L (h_1 + h_2)}, \quad (210)$$

где b и h — ширина и толщина прямоугольной щели; b_1 — ширина клиновидной щели; h_1 и h_2 — толщина клиновидной щели на входе и выходе материала.

Для канала с произвольным поперечным сечением

$$R_s = \frac{F^3}{2L_1\rho}, \quad (211)$$

где F — площадь поперечного сечения канала; ρ — периметр сечения канала; L_1 — длина «выпрямленного» канала.

Общую константу головки определяют как сумму сопротивлений отдельных участков:

$$R = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_1} + \sum \frac{1}{R_2} + \dots + \sum \frac{1}{R_i}}. \quad (212)$$

Мощность, расходуемая червячным прессом, идет на перемещение материала в винтовом канале червяка N_1 и на сдвиг материала в зазоре между гребнем червяка и внутренней стенкой цилиндра:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (213)$$

где η — к. п. д., равный $0,4 \div 0,6$.

При расчете мощности N_1 рассматривается вначале участок развернутого червяка длиной d_z в направлении оси z с вязкостью материала μ [16].

Мощность, расходуемая на этом участке,

$$dN_1 = VdF, \quad (214)$$

где V — скорость перемещения цилиндра относительно червяка; dF — сила, необходимая для движения частицы материала по направлению вектора скорости.

Сила dF равна произведению сдвигающих напряжений на элементарную площадь, на которую действуют эти напряжения. При этом составляющая силы, действующей в направлении оси z винтового канала,

$$dF_z = dF \cos \alpha = S dA,$$

где $S = \mu \left(\frac{dv}{dy} \right)$ — напряжение сдвига для ньютоновских жидкостей.

В результате совместного решения уравнений получим

$$dN_1 = \frac{V\mu}{\cos \alpha} \left(\frac{dv}{dy} \right) dA.$$

В результате дифференцирования уравнения, определяющего скорость в любой точке червяка, получим уравнение скорости сдвига

$$\left(\frac{dv}{dy} \right)_{y=h} = \frac{V_z}{h} + \frac{h}{2\mu} \left(\frac{dP}{dz} \right). \quad (215)$$

Элементарная площадь

$$dA = b dz = \pi D \sin \alpha dz,$$

где b — ширина винтового канала.

Выражая длину dz участка канала через длину dl червяка по оси $dz = \frac{dl}{\sin \alpha}$ и скорости V , V_z через скорость вращения червяка:

$$V_z = \pi D n \cos \alpha; \quad V = \frac{V_z}{\cos \alpha},$$

получим

$$dN_1 = \frac{\pi^3 D^3 n^2}{h} dl + \frac{\pi^2 D^2 n h \sin \alpha \cos \alpha}{2 \cos^2 \alpha} dP,$$

или

$$dN_1 = \frac{\pi^3 D^3 n^2 \mu}{h} dl + \frac{V_{t1}}{\cos^2 \alpha} dP, \quad (216)$$

где n — скорость вращения червяка; V_{t1} — объемная величина прямого червяка.

При определении N_2 принимаем ширину гребня в направлении оси x равной $\delta \cos \alpha$. Если не принимать во внимание увеличения давления в зазоре e , то скорость сдвига равна $\frac{v_z}{e}$.

Таким образом

$$dN_2 = \frac{\pi^2 D^2 n^2 \delta \mu}{e \operatorname{tg} \alpha} dl; \quad (217)$$

$$dN = \frac{\pi^3 D^3 n^2 \mu}{h} dl + \frac{V_{t1}}{\cos^2 \alpha} dP + \frac{\pi^2 D^2 n^2 \delta \mu}{e \operatorname{tg} \alpha} dl. \quad (218)$$

Принтегрировав, получим

$$N = \pi^3 n^2 \int_0^L \frac{D^3 \mu}{h} dl + \int_0^L \frac{V_{t1}}{\cos^2 \alpha} dP + \pi^2 n^2 \int_0^L \frac{D^2 \delta \mu}{e \operatorname{tg} \alpha} dl. \quad (219)$$

При постоянных размерах червяка и вязкости по длине червяка

$$N = \frac{\pi D^3 n^2 \mu L}{h} + \frac{V_{t1} \Delta P}{\cos^2 \alpha} + \frac{\pi^2 D^2 n^2 \delta \mu L}{e \operatorname{tg} \alpha}. \quad (220)$$

При определении производительности двухчервячного пресса Э. Фишер считает, что его следует рассматривать, как колесный насос. Следовательно, производительность прямо пропорциональна скорости n вращения червяков и объему V_c каждой секции:

$$V_t = R n V_c, \quad (221)$$

где R — константа.

Так как за один оборот червяков подается материал из двух секций, то $R = 2$, а объем

$$V_c = \frac{\pi}{2} h l (D - h) q,$$

где $q < 1$, и показывает, какая часть витков не входит в зацепление (на рис. 139, *в* эта часть витка заштрихована). Если через l обозначить длину винтовой линии этой части витка, то

$$q = \frac{l}{\pi(D-h)};$$

$$V_t = \pi q n h t (D - h). \quad (222)$$

Это уравнение верно только для зоны дозирования червяков, где материал полностью занимает винтовой канал. Так как материал в этой части машины расплавлен, то можно предположить, что в зазоре между гребнями червяков и внутренней поверхностью цилиндра происходит его утечка.

Выражение потока утечки V_{t3} аналогично выражению такого же потока в одночервячных машинах:

$$V_{t3} = \frac{b e^3}{12\mu} \cdot \frac{dp}{dz}, \quad (223)$$

где $b = 2q\pi D$ — ширина щели; e — высота щели; dp/dz — градиент давления по длине щели.

Введя коэффициент эксцентриситета ε , получим выражение производительности

$$V_t = \pi n q h t (D - h) - \frac{\pi q D \varepsilon e^3}{6\mu} \cdot \frac{dp}{dz}. \quad (224)$$

Мощность двухчервячного пресса [28]

$$N = P v = \frac{\mu v^2 F}{l}; \quad (225)$$

$$N = \frac{\mu}{l} \int v^2 dF,$$

где P — сила сдвига, действующая на массу при движении рабочих поверхностей; F — поверхность сдвига или площадь рабочих поверхностей; v — относительная скорость между соседними рабочими поверхностями; l — расстояние между соседними рабочими поверхностями.

Мощность для червяков, вращающихся в одну сторону, можно определить из зависимости, предлагаемой Д. Д. Рябининым и Ю. Е. Лукачом:

$$N = z \frac{\mu}{l} \cdot \frac{\alpha}{2} (2\pi h)^2 (D - h + e)^2 \frac{\alpha_1}{2} (D - h) h, \quad (226)$$

где z — общее число секций, характеризующее количество витков червяков, находящихся в зацеплении; e — радиальный зазор между витками; l — боковой зазор между витками; α_1 — угол, определяемый из зависимости

$$\cos \alpha_1 = 1 - \frac{2h}{D-h} + \frac{h^2}{2(D-h)^2}.$$

Мощность для червяков, вращающихся в разные стороны, можно определить по формуле (58), приводимой в гл. I (раздел первый) для червячных смесителей.

Глава VIII. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ ВАКУУМНОГО, ПНЕВМАТИЧЕСКОГО И МЕХАНИЧЕСКОГО ФОРМОВАНИЯ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Вакуумное, пневматическое и механическое формование нашло широкое применение при производстве изделий относительно больших размеров и сложного профиля, получение которых, например, методом литья под давлением затруднено.

Для вакуумного, пневматического и механического формования используют листовой материал, из которого можно изготавливать сантехнические и строительные изделия ванны, раковины. Из тонколистовых пластмасс можно изготавливать декоративные облицовочные изделия и т. д.

В качестве исходного сырья при вакуумном, пневматическом и механическом формовании применяют следующие листовые и пленочные материалы: винипласт, органическое стекло, полиэтилен, ацетатцеллюлозу, ударопрочный полистирол, полиметилметакрилат и др.

Технологический процесс вакуумного формования происходит в следующей последовательности: лист термопласта закрепляется над формой и прогревается до эластичного состояния; затем из формы отсасывается воздух, вследствие чего лист притягивается либо к внешней, либо к внутренней поверхности формы, при этом четко отпечатываются все особенности поверхности формы; далее изделие охлаждается и снимается. Поскольку давление, при котором изделия формируются на вакуум-формовочных машинах, не превышает атмосферного, формы (матрицы) могут быть деревянные, гипсовые и пластмассовые.

Пневмоформование — это процесс, при котором нагретый лист термопласта прижимается сжатым воздухом к внутренней поверхности матрицы. Для этого лист закрепляется по контуру полости матрицы и нагревается. Пневмоформование производится

подогретым и сжатым воздухом (0,3—1,4 МН/м²). Для выхода воздуха из полости матрицы в ней предусмотрены отверстия. Этот процесс можно комбинировать с вакуумным или механическим формованием.

Механическое формование — это процесс, при котором лист термопластичного материала нагревается до температуры размягчения и затем формуется при помощи матрицы и пуансона на гидравлическом или пневматическом прессе под давлением 35×10^5 — $1,5 \cdot 10^6$ Н/м².

§ 2. ВАКУУМ-ФОРМОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Различают несколько методов вакуумного формования: 1) негативный, при котором пластичный материал вытягивается в углубления вогнутой формы, установленной на неподвижном столе; 2) негативный с предварительной механической вытяжкой, при котором нагретый материал вводится в вогнутую матрицу с помощью пуансона; 3) позитивный, при котором выпуклая форма, установленная на неподвижном столе, поднимаясь, производит предварительную механическую вытяжку нагретого материала, после чего включается вакуум и происходит окончательное формование изделия; 4) позитивный метод с предварительной пневмовытяжкой нагретого материала сжатым воздухом; 5) комбинированный (позитивно-негативный), т. е. метод формования с одновременным движением пуансона и матрицы.

При выборе того или иного способа формования обычно руководствуются следующим правилом: если глубина формируемого полога изделия меньше половины размера наименьшего отверстия (горловины) изделия, то производят негативное формование, если же глубина изделия больше размера горловины, то производят позитивное формование.

Негативное и позитивное формование с верхним прессовочным аппаратом можно комбинировать в различных сочетаниях; это позволяет вырабатывать изделия самой разнообразной конфигурации.

На рис. 140 показана схема негативного формования с предварительной механической вытяжкой.

В начале процесса формования (рис. 140, а) лист 1 термопласта наложен на всасывающий ящик 2. Прижимная рама 3 поднята. Пуансон 4 прессовочного аппарата находится в верхнем крайнем положении. Неподвижный стол 5 с закрепленной на нем формой 6 плотно прижат к резиновому уплотнению 7. Нагреватели 8 разведены в стороны.

Во время прогрева материала (рис. 140, б) лист 1 прижат рамой к верхнему резиновому уплотнению 9, нагреватели 8 поворачиваются, устанавливаются над листом и нагревают его. Затем нагреватели 8 разводятся в стороны (рис. 140, в), и начинается предварительная механическая вытяжка листа 1 пуан-

соном 4. Окончательно изделие формируется в результате отсоса воздуха через каналы *A* формы *б* при подсоединении патрубка *10* к вакуумной линии. Рама *3* (рис. 140, *г*) поднимается, и отформованное изделие под действием сжатого воздуха, нагнетаемого через патрубок *10*, выталкивается. Перед подъемом рамы изделие выдерживается в форме для охлаждения.

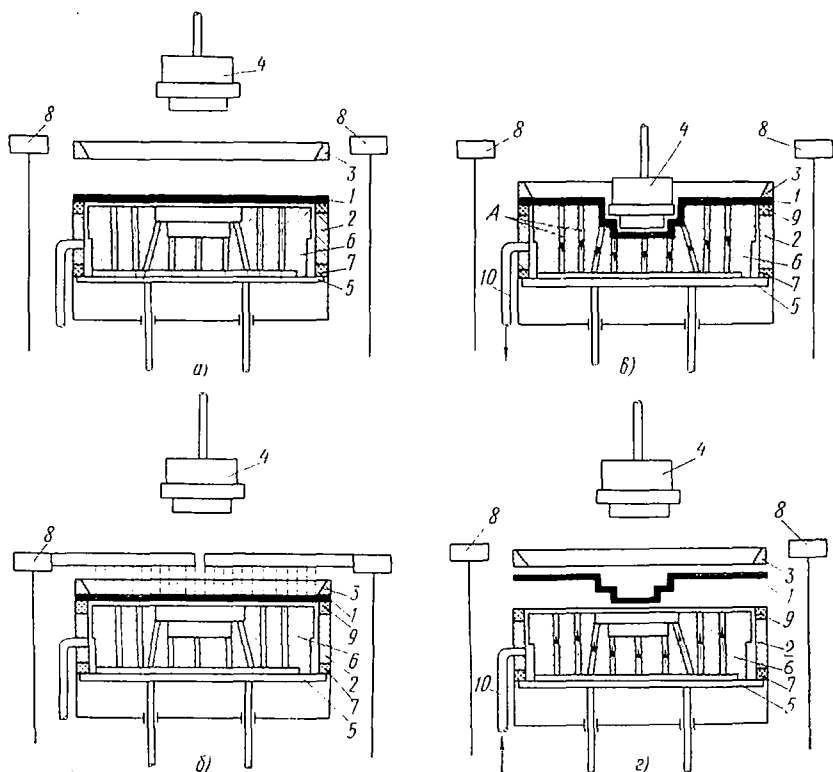


Рис. 140. Схема негативного формования

На рис. 141 показана позитивная схема формования изделия. В начале процесса формования (рис. 141, *а*) пластмассовый лист *1* наложен на всасывающий ящик *2*. Прижимная рама *3* поднята. Подъемный стол *4* с закрепленной на нем формой *5* занимает нижнее положение, нагреватели *б* отведены в стороны, лист *1* прижат рамой *3* к резиновому уплотнению *7* ящика (рис. 141, *б*). Затем нагреватели *б* устанавливаются над листом и нагревают его, после чего нагреватели *б* (рис. 141, *в*) разводятся в стороны и стол *4* с формой *5* поднимается; при этом происходит предварительное механическое вытягивание листа *1*. Стол в своем крайнем верхнем положении прижимается к резиновому уплотнению *8*,

обеспечивая герметичность в полости всасывающего ящика 2. Далее через патрубок 9 отсасывается воздух из ящика, в нем создается разрежение, и под действием атмосферного воздуха происходит окончательное формование изделия. После воздушного охлаждения изделия (рис. 141, з) прижимная рама 3 поднимается, затем через патрубок 9 нагнетается воздух, и готовое изделие снимается с формы.

Для вакуумного формования применяют большое количество разнотипных вакуум-формовочных машин с автоматическим или полуавтоматическим управлением, отличающихся друг от друга

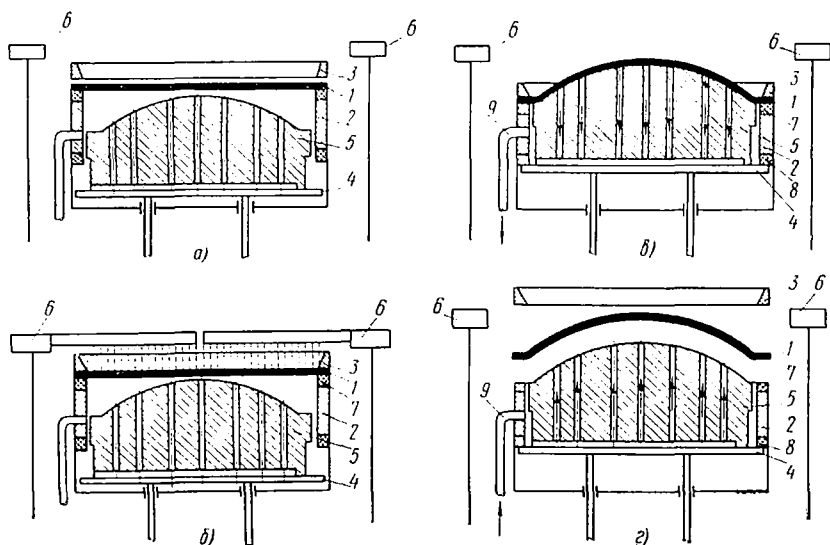


Рис. 141. Схема позитивного формования

только конструктивно. Существующие конструкции вакуум-формовочных машин обеспечивают формование изделий площадью от $0,2 \times 0,2$ до $2,3 \times 1,3$ м при толщине листа 5—13 мм. Максимальная глубина формования колеблется в пределах 0,35—0,6 м.

Вакуум-формовочная машина, приспособленная для формования изделий любым из рассмотренных выше методов, показана на рис. 142. На станине 1 смонтированы два пневматических подъемных цилиндра 2. На штоках 3 цилиндра крепится стол 4. При подаче воздуха от компрессорной установки 5 в цилиндры стол поднимается и заходит в коробку 6, верхняя часть которой является всасывающим ящиком. При подъеме стол прижимается к резиновому уплотнению 7 всасывающего ящика. Пластмассовый лист 8 к верхнему резиновому уплотнению 9 ящика прижимается прижимной рамой 10 с помощью зажимов 11. Рама

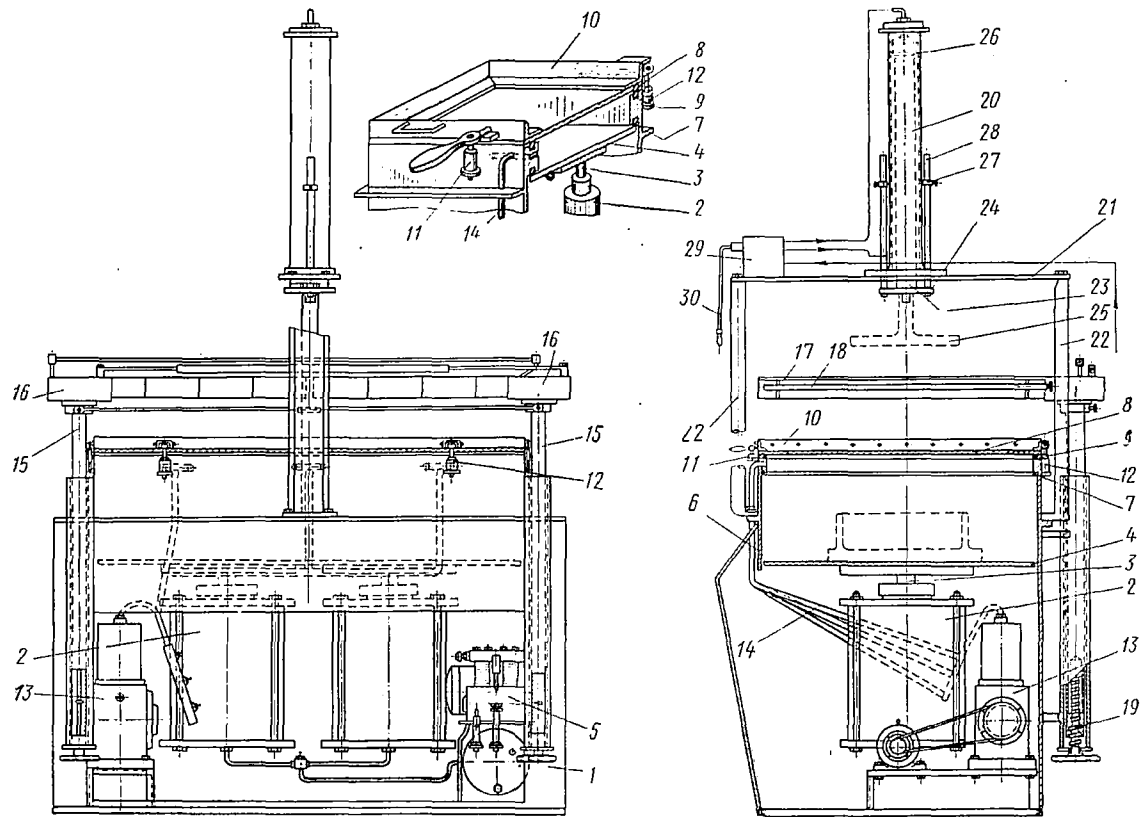


Рис. 142. Вакуум-формовочная машина

по высоте в зависимости от толщины материала регулируется тремя установочными винтами 12. Воздух из полости всасывающего ящика отсасывается через три патрубка 14 при помощи вакуум-насосной установки 13.

На колоннах 15 смонтированы два поворотных нагревателя 16. Нагреватель состоит из П-образного каркаса 17 и электронагревательных элементов 18. Нагреватели по высоте устанавливаются винтовым устройством 19.

Пневмоцилиндр 20 верхнего прессования аппарата монтируется на раме 21, которая крепится к станине на двух стойках 22. Снизу на штоке 23 закреплен диск 24, к которому крепится пуансон 25. Ход поршня 26 регулируется установочными кольцами 27, закрепленными на стержнях 28; подъем и опускание пуансона осуществляются переключением клапанов, находящихся в коробке 29. Клапаны переключаются при помощи штанги 30.

Для нагрева пластмассового листа применяются или электронагревательные элементы, или устройства с лампами инфракрасного излучения. Время, необходимое для нагрева материала, определяется по формуле

$$t = \frac{c\rho(T_2 - T_1)\delta^2}{1,15 \cdot 10^3 \lambda \Delta T} \text{ с}, \quad (227)$$

где c — удельная теплоемкость материала в Дж/(кг·град); ρ — плотность материала в кг/м³; T_1 — начальная температура материала в °К; T_2 — температура размягчения материала в °К; δ — толщина нагреваемого листа в м; λ — теплопроводность материала в Вт/(м·град); ΔT — разность температур на противоположных поверхностях листа в град.

Чтобы нагрев был равномерным, площадь нагревателя должна превышать площадь листа и нагреватель должен находиться на возможно более близком расстоянии от материала.

Для улучшения пластикации и уменьшения напряжения деформации во время процесса формования применяют нагреватели, действующие одновременно с обеих сторон листа.

Производительность вакуум-формовочной машины зависит от продолжительности нагрева материала, а также от длительности вспомогательных операций по обслуживанию машины.

Производительность определяют по зависимости

$$m_t = \frac{\kappa S \delta \rho}{t_{ц}} \quad (228)$$

где $\kappa = 0,75 \div 0,85$ — коэффициент использования машинного времени; S — площадь формуемого листа в м²; δ — толщина листа в м; ρ — плотность материала в кг/м³; $t_{ц}$ — время общего цикла формования в с.

Мощность привода вакуум-формовочной машины

$$N = \frac{N_p}{\eta} \quad (229)$$

где N_p — расчетная мощность, расходуемая на вакуумное формование; η — к. п. д. вакуум-формовочной машины.

Формование заготовки происходит под действием разности между атмосферным давлением p_a и давлением в форме p_ϕ :

$$P = \frac{\kappa V_\phi (p_a - p_{в.р}) - V_b p_\phi}{V_\phi (1 + \kappa) - V_b}, \quad (230)$$

где κ — коэффициент, характеризующий отношения объема V_p ресивера к объему V_ϕ полости формы; V_b — объем воздуха, вытесняемого из формы, в м³; $p_{в.р}$ — остаточное давление в вакуумном ресивере в Н/м².

Работу формования К. А. Салазкин и С. В. Реутов предлагают определять из зависимости

$$A = \int_0^V P dV = \int_0^V \frac{\kappa V_\phi (p_a - p_{в.р}) p_\phi V_b}{V_\phi (1 + \kappa) - V_b} dV. \quad (231)$$

После интегрирования получим

$$A = V_\phi \left[p_a - (p_{в.р} - \kappa p_{в.р}) \ln \frac{1 + \kappa}{\kappa} \right].$$

С учетом подстановки значений $p_a = 1$ и $p_{в.р} = 0$ и заменяя натуральные логарифмы на десятичные, получим

$$A = 10V_\phi \left(1 - 2,303 \lg \frac{1 + \kappa}{\kappa} \right); \quad (232)$$

$$N_p = \frac{A}{t_{ц}} = \frac{10V_\phi \left(1 - 2,303 \lg \frac{1 + \kappa}{\kappa} \right)}{102t_{ц}}, \quad (233)$$

где $t_{ц}$ — время общего цикла формования в с.

Силу зажима заготовки определяют из следующей зависимости:

$$F \geq \frac{\sigma \delta l}{f}, \quad (234)$$

где $\sigma = \frac{D p_\phi}{4\delta}$ — напряжение в материале во время формования в Н/м²; D — диаметр формируемого изделия в м; l — периметр прижимной рамы в м; δ — толщина стенки изделия в м; f — коэффициент трения материала о стенки формы.

Ширина зажима определяется

$$s = \frac{F}{ql},$$

где q — удельное давление зажима, которое должно быть меньше предела текучести материала при температуре формования.

§ 3. ПНЕВМОФОРМОВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Технологическая схема процесса пневматического формования изделий из листового материала показана на рис. 143. В начале процесса формования (позиция I) лист 1 подается в пространство

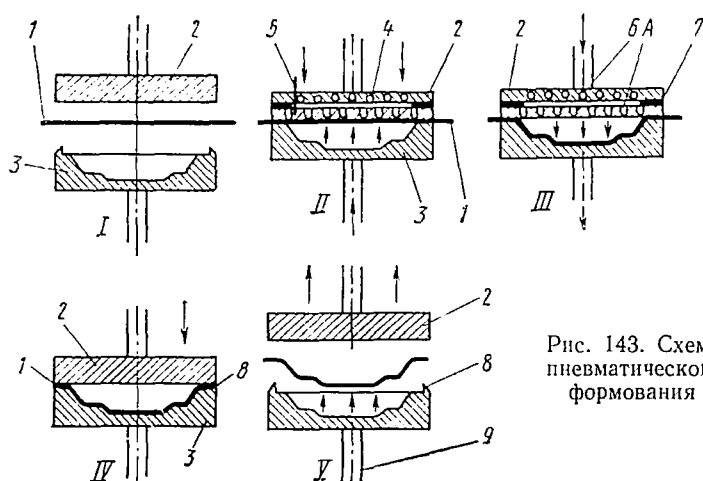


Рис. 143. Схема пневматического формования

между нагревательной плитой 2 и негативной формой 3. В позиции II показан момент прижатия листа 1 нагревательной плитой 2 к форме 3 и нагревания термопластов. Листовая заготовка нагревается контактным методом стержневыми электронагревателями 4, что увеличивает скорость нагрева по сравнению с обычными инфракрасными нагревателями в 5 раз. Температура контролируется термопарами в 5. В позиции III показан процесс формования сжатым воздухом, поступающим через патрубок 6 и каналы А в плите 2. Для предотвращения утечки воздуха между верхней и нижней частями плиты устанавливается прокладка 7. В позиции IV показан процесс обрезки кромок листа 1 ножами 8 формы 3 при нажатии сверху нагревательной плитой 2. В позиции V показан подъем нагревательной плиты 2 и выталкивание отформованного изделия под действием сжатого воздуха, нагнетаемого через патрубок 9. Перед подъемом плиты изделие выдерживается в форме для его воздушного охлаждения.

Машины для пневматического формования по данному технологическому процессу создаются на базе гидравлических или пневматических прессов.

§ 4. МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ФОРМОВАНИЯ

Методом штампования успешно изготавливаются изделия из таких материалов, как ударопрочный полистирол и другие полимеры. По сравнению с вакуумным и пневматическим формованием из листовых заготовок этот метод является самым дорогим, поскольку он требует изготовления сопряженных матрицы и пуансона.

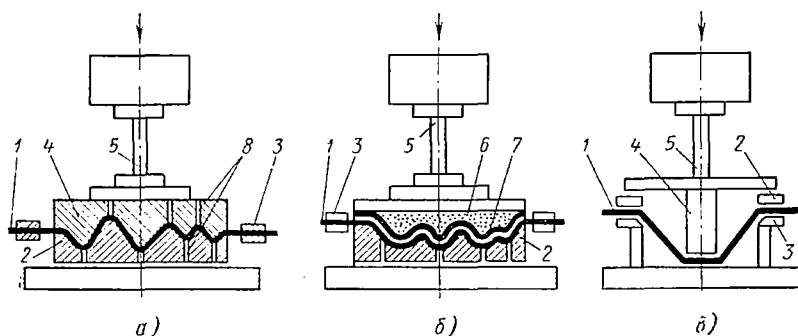


Рис. 144. Схема механического формования:

а и б — жестким и эластичным пуансонами; в — центральным толкателем

сона. Детали формы изготавливаются из стали или армированного алюминия со сверлениями для удаления воздуха из зоны формования.

Существует несколько методов механического формования, основные из них следующие: жестким пуансоном (рис. 144, а), эластичным пуансоном (рис. 144, б), вытяжка центральным толкателем с креплением заготовки по контуру (рис. 144, в). В первых двух методах заготовка (лист) 1 укладывается на матрицу 2 и зажимается прижимной рамой 3. При формовании жестким пуансоном 4 (рис. 144, а) давление на него передается штоком 5 гидравлического или пневматического прессов. При формовании эластичным пуансоном давление на заготовку передается жидкостью 6 или воздухом (рис. 144, б) через резиновую диафрагму 7. В формах предусмотрены отверстия 8 для выхода воздуха. При третьем методе лист 1 (рис. 144, в) крепится между прижимной рамкой 2 и кольцом 3. Формование осуществляется вдавливанием в заготовку толкателя 4, перемещаемого штоком 5 гидравлического или пневматического пресса. При данном методе возможны два варианта: толкатель вдавливают в разогретый лист либо наоборот, нагревают толкатель и вдавливают его в холодный лист. Меняя разность диаметров прижимного кольца и толкателя, получаем изделия с различным углом наклона стенок (до 90°).

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Каландрирование — это процесс, при котором размягченный термопластичный материал пропускается через зазор между горизонтальными валками, образуя бесконечную ленту, толщину и ширину которой можно регулировать. В промышленности строительных материалов при производстве изделий из пластмасс каландрирование широко применяется при производстве пленок, листов линолеума из поливинилхлорида, сополимеров винилхлорида и винилацетата, полиэтилена, ацетата целлюлозы, кумарно-инденовых и других полимеров. Переработка на каландрах является одним из наиболее быстрых методов производства пленок и листов.

Анализ физико-механических свойств пленок, полученных различными методами, показал, что наилучшими свойствами обладают каландрированные пленки. Имея наименьшие допуски по толщине, эти пленки обладают хорошей жиро- и газонепроницаемостью. Каландрирование является наиболее эффективным методом для получения листовых и рулонных материалов с большим количеством наполнителей (линолеум, плитки для полов и т. п.). Каландры менее требовательны к подготовке сырья, на них можно изменять ассортимент пленочных и листовых материалов без смены рабочих органов машины, и, наконец, переход на изготовление новой продукции не требует почти совсем чистки валков и других рабочих органов по сравнению с непрерывным выдавливанием или литьем под давлением.

К недостаткам каландров относятся: 1) необходимость комплектования установок сложным и громоздким оборудованием для подачи, нагрева и охлаждения теплоносителей; 2) большие распорные силы валков деформируют их, нарушая постоянство зазора, что, в свою очередь, ведет к нарушению параллельности и возникновению кривизны сечения материала; 3) наличие электромеханического привода регулирования зазора не всегда позволяет получить постоянную толщину выходящего материала.

Процесс производства однослойного поливинилхлоридного линолеума вальцово-каландровым способом состоит в подаче из узла дозирования в роторный смеситель сырья, где оно плавится и смешивается. Масса из смесителя проходит через несколько двухвалковых вальцов и подается в каландр. Иногда вместо вальцов применяют машину для непрерывного выдавливания термопластов. Поступающий на каландр материала последовательно проходит через зазоры, образованные валками. При этом материал дополнительно перемешивается и образуется пленка заданной толщины. Переход пленки с одного валка на другой сопровождается изменением разности температур, разности окружных скоростей и качества обработки поверхности валков. Затем пленка

проходит охлаждающее, компенсирующее и резательное устройства и подается в намоточно-упаковочный автомат. Масса и пленка транспортируются ленточными конвейерами.

§ 2. КОНСТРУКЦИЯ КАЛАНДРОВ

Каландры классифицируются в зависимости от назначения, типоразмера, количества и расположения валков, типа привода и характера давления валков на материал, устройств для компенсации прогиба и регулирования зазора и скорости валков, а также фрикции и способа обогрева.

В зависимости от назначения каландры подразделяются на универсальные, пленочные, листовые, тиснильные, печатные и дублировочные. В зависимости от типа размера валков (диаметр \times \times длину) каландры бывают от 100×225 до 1020×3050 мм. К легкому типу относятся каландры с размерами $D = 360$ мм; $L = 1100$ мм; к тяжелому $D = 950$ мм; $L = 2800$ мм; к среднему $D = 610 \div 710$ мм; $L = 1800$ мм.

В зависимости от количества и расположения валков каландры бывают двухвалковые вертикальные (рис. 145, а), наклонные (рис. 145, б) и горизонтальные (рис. 145, в); трехвалковые вертикальные (рис. 145, г), горизонтальные (рис. 145, д), наклонные (рис. 145, е), V-образные (рис. 145, ж), А-образные (рис. 145, з), с угловым расположением валков (рис. 145, и), Г-образные (рис. 145, к); четырехвалковые вертикальные (рис. 145, л), L-образные (рис. 145, м), Г-образные (рис. 145, н), наклонные (рис. 145, о), Z-образные (рис. 145, п), S-образные (рис. 145, р) и «верблюдообразные» (рис. 145, с) пятивалковые; Г-образные (рис. 145, т), со смешанным расположением валков (рис. 145, у), L-образные (рис. 145, ф), вертикальные (рис. 145, х), W-образные (рис. 145, ц), С-образные (рис. 145, ч); шестивалковые, Z-образные (рис. 145, ии); С-образные (рис. 145, э) и \perp -образные (рис. 145, ю).

В зависимости от типа привода каландры бывают с одним общим приводом, с индивидуальными приводами на каждый валок и с индивидуально-групповым приводом; по характеру давления валков на материал каландры бывают с регулируемым давлением валков и изменяемым при помощи нажимных устройств зазором между ними и с постоянным давлением валков и переменным автоматически меняющимся зазором, зависящим от толщины материала. Давление валка на материал осуществляется грузами, пружинами и гидроустройствами. Для листования, профилирования и промазки применяют каландры с постоянным зазором; для тиснения, дублирования и глажения — каландры с переменным зазором и постоянным давлением.

Большинство каландров оборудовано устройствами для компенсации прогиба валков, механизации для бесступенчатого регулирования скорости валков в пределах 1 : 10 и фрикцией

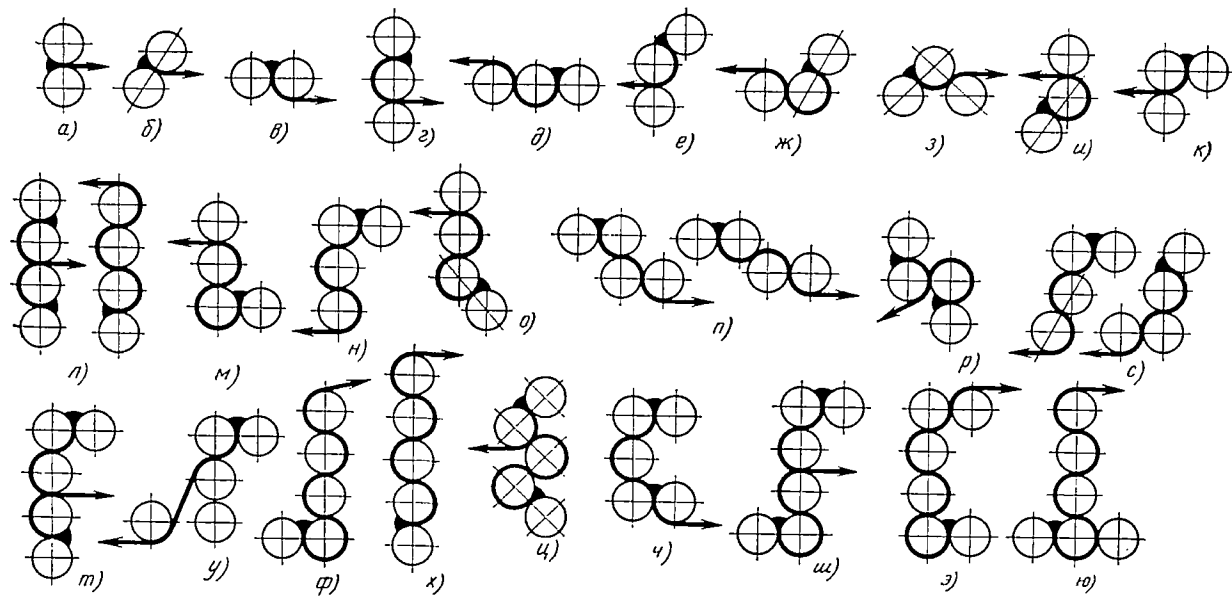


Рис. 145. Схема расположения валков каландра

от 1 : 1 до 1 : 1,5; 1 : 2. Скорость каландрирования достигает 100 м/мин, а минимальная толщина каландрируемой пленки до 0,05 мм.

Обогрев валков каландра может быть паровой, электрический, электропаровой, водяной и обогрев высокотемпературным теплоносителем. Из-за трудности регулирования температуры поверхности валка первые три способа в современных прецизионных промышленных каландрах для переработки пластмасс применять не рекомендуется. Наиболее эффективным признано применение жидких теплоносителей: перегретой воды (температура нагрева валков до 473° К) или органических теплоносителей — Даутерм (температура нагрева до 617° К).

Наиболее широкое применение каландры находят в линиях для производства пленок и листов из ПВХ. Количество валков каландров определяется исходя из требований степени обработки материала (эластичности, жесткости, прозрачности), толщины и области применения готовых изделий. Для дублировочных, тиснильных и листовальных операций и производства плиток для покрытия полов обычно применяют двух- и трехвалковые каландры, для глажения, промазки и производства листов и пленок для многослойных покрытий — трехвалковые, для универсальных технологических операций — трех- и четырехвалковые, для профилирования и производства тонких пленок — четырехвалковые, для пленок и листов из жесткого ПВХ — четырех- и пятивалковые каландры.

При выборе схем расположения валков следует руководствоваться видом и свойствами каландрируемого материала и в зависимости от этого величиной возникающих распорных сил, величиной прогиба валков, условиями эксплуатации и ремонта, качеством получаемой поверхности пленки или листов. Для производства плиток для покрытия полов толщиной до 3 мм рекомендуется применять двухвалковые вертикальные каландры; для производства листов и пленок для многослойных покрытий — трехвалковые А-образные и вертикальные каландры; для производства пластифицированных ПВХ-пленок до 0,05 мм — четырехвалковые S- и Г-образные каландры; для производства жестких пленок ПВХ — четырехвалковые L-образные каландры; для переработки жесткого ПВХ в очень тонкую пленку — пятивалковые L-образные каландры; для производства линолеума — четырехвалковые Z-образные каландры.

Каландры с Г-образным расположением валков имеют следующие преимущества.

1. Открыт доступ к валкам, удобна установка измерительных приборов, хорошее визуальное наблюдение за качеством продукции.

2. При одинаковых скоростях каландрирования пленка находится в соприкосновении с валками в 2 раза дольше, чем достигается лучший прогрев и более высокое качество поверхности пленки, лучшее удаление пузырьков воздуха.

3. Конструкция станни более проста и менее трудоемка в изготовлении.

Наибольшее применение находят каландры с Z- и S-образной схемой расположения валков. Преимущество этих схем состоит в том, что направление прогиба валка перпендикулярно направлению следующего зазора, и поэтому прогиб не сказывается на калибровании пленки. S-образная схема применяется также и для уменьшения габаритных размеров каландра.

Применение каландров с L-образным расположением валков обуславливается следующими особенностями.

1. Центр тяжести расположен ниже, чем в других каландрах, поэтому они имеют более жесткую конструкцию (большие распорные силы при производстве жестких пленок).

2. Материал движется в том же направлении, что и тепловой градиент, поэтому температура распределяется более равномерно и пленки лучше защищены от местных перегревов.

3. Меньше возможности попадания инородных включений выше загрузочного зазора.

4. Питание каландра на более низком уровне удобно с точки зрения компоновки линии.

Вертикально-образные каландры не нашли применения для производства тонких пленок в связи с трудностью поддержания постоянной величины калибрующего зазора. Наибольшее применение в промышленности находят каландры двух-, трех- и четырехвалковые. Каландры же с большим количеством валков применяются реже.

На рис. 146 показан четырехвалковый Z-образный каландр для производства бесосновного линолеума из ПВХ. Две чугунные станины 1 закреплены на фундаментальной плите 2 и связаны между собой траверсой. В стойках имеются вырезы для установки в них подшипников 3 и 4 валков 5 и 6. Валки должны быть отлиты из кокильного чугуна или стали и тщательно обработаны. Подшипники 4 нижнего валка 6 установлены неподвижно, в то время как подшипники 3 остальных валков 5 могут перемещаться, скользя по направляющим, чем обеспечивается возможность установки требуемого зазора между валками. Величина зазора между валками регулируется механизмами, состоящими из индивидуального электродвигателя 7, двухступенчатого редуктора 8, нажимного винта 9 и мерного устройства 10. Вращение от электродвигателя через первую ступень червячной передачи, червяк второй ступени и червячную шестерню 11 передается нажимному винту 9, непосредственно воздействующему на подшипник 3 валка 5. Ступица червячного колеса насажена на шлицы нажимного винта. Электродвигатели могут включаться или попарно, или каждый в отдельности, при этом при достижении требуемого зазора они автоматически выключаются.

Для компенсации прогиба валков служит механизм перекоса валков каландра, имеющий две пяты 1 (рис. 147), установленные

на корпусе валкового подшипника. К одной из пят крепится гидроцилиндр 2 для выбора зазоров. В гайку 3, составляющую одно целое со второй пятой, входит винт 4, на конце которого посажено червячное колесо 5. Винт своим буртом опирается на опорный шарикоподшипник 6. Червячное колесо зацепляется с червяками 7 и 8, имеющими правую и левую нарезку. Червяки 7 и 8; с помощью муфт 10 и 11 могут соединяться с валом 9. Муфты включаются золотниковыми механизмами гидропривода 12. Вал 9 червяка через муфту 13 соединен с валом червячного редуктора 14, на котором установлен электродвигатель 15.

Работает механизм следующим образом. Гидроцилиндр 2 создает силу прижима валкового подшипника, которая выбирает все зазоры в системе подшипник—механизм. После выбора зазоров включается электродвигатель 15, передающий вращательное движение через редуктор 14 и муфту 13 на червячный вал 9. Гидропривод 12 включает муфты 10 и 11 (возможна работа каждого червяка отдельно, что необходимо при первоначальной регулировке перекоса валков). Червяки 7 и 8 вращают червячные колеса 5 с нажимными винтами 4, которые, ввинчиваясь или вывинчиваясь из гаек 3, перемещают на нужную величину подшипники с валком. Реверсирование системы обеспечивается электродвигателем.

Для визуального контроля за положением валков и определения величины зазора во время работы каландр снабжается указателем перемещения валков, состоящим из корпуса 12 (см. рис. 14б) и крышки 13, на которой укреплен циферблат 14. В корпусе указателя размещены три пары зубчатых колес. Одна пара колес передает вращение малой стрелке 15, показывающей перемещение подшипника, а другие две пары передают вращение большой стрелке 16, показывающей перемещение валка. Указатель приводится от механизма регулирования зазора.

Каландр имеет систему обогрева, которая обеспечивает постоянную и равномерную по длине валка температуру поверхности. Теплоноситель (перегретая вода) поступает по трубопроводу 17 в неподвижный патрубок 18, в котором укреплена трубка 19. Через эту трубку теплоноситель поступает во внутреннюю полость валка и распределяется по периферийным каналам 20. Отводится теплоноситель через трубопровод 21.

Сальниковая набивка зажата в неподвижном патрубке корпусом сальника. Патрубок 18 предохраняется от проворачивания при помощи штанги 22. Вращающийся патрубок 23 установлен в неподвижном патрубке. Бронзовая втулка и упорный шарикоподшипник фиксируются кольцом 24 из двух половин. В каландре предусмотрены устройства 25 для дублирования (пленок или листов) и механизм 26 размотки бобин.

Централизованная система смазки под давлением предусматривает автоматическое поддержание циркуляционного режима смазки и включение в работу валков только после того, как

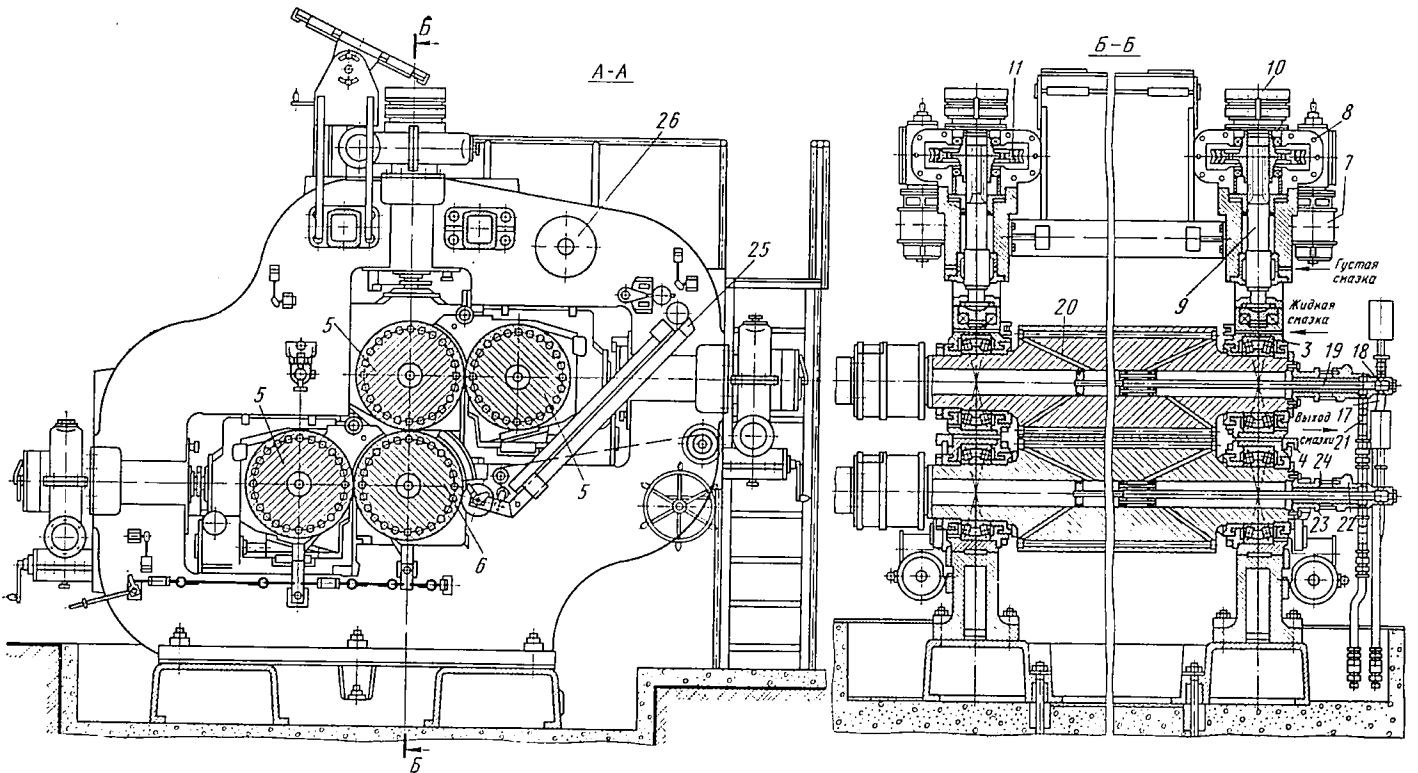
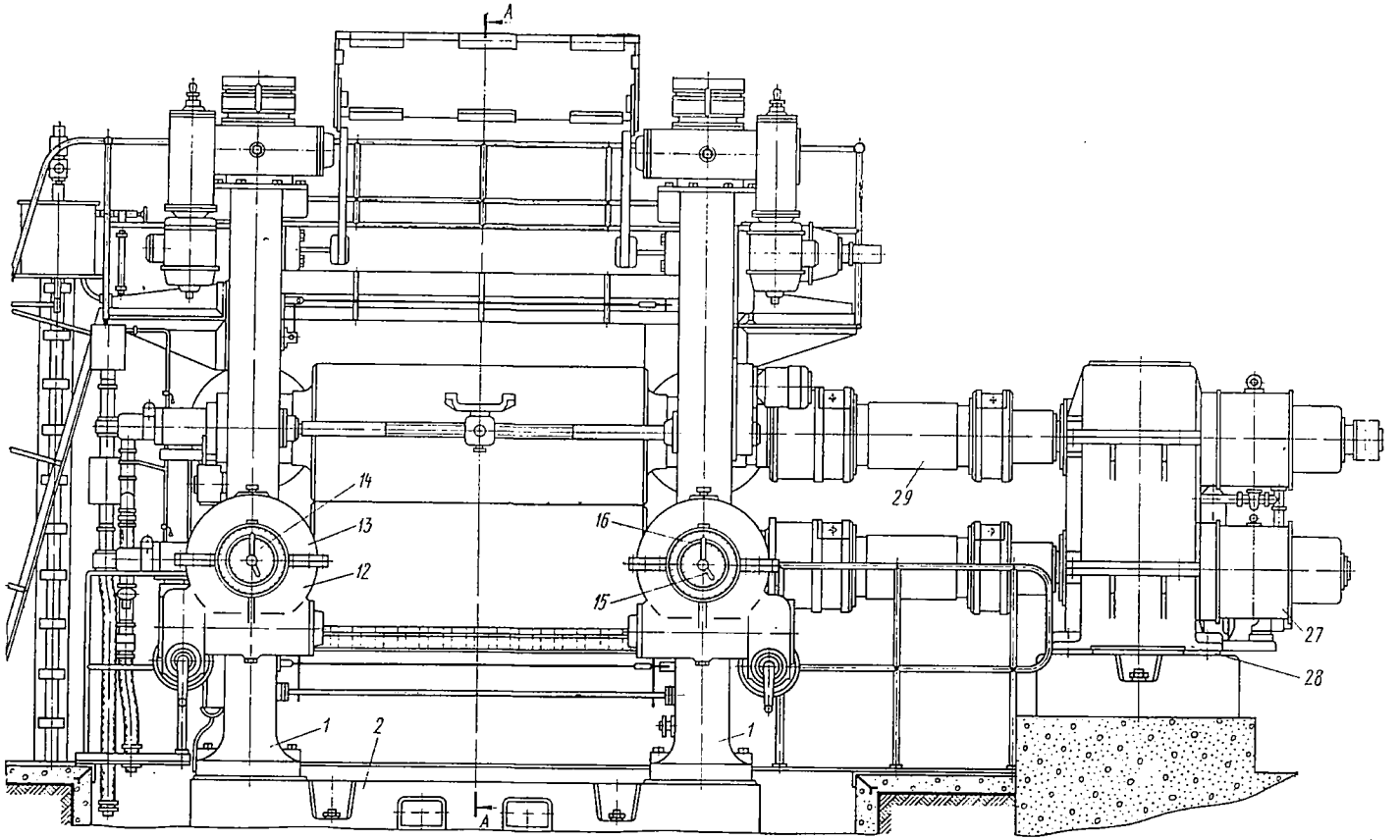


Рис. 146. Четырехвалковый Z-образный каландр

Техническая характеристика отечественных каландров для переработки пластмасс

Наименование каландра	Диаметр валков в мм	Рабочая длина валков в мм	Рабочая скорость в м/мин	Фрикция (сверху вниз)	Мощность привода в кВт	Габаритные размеры в мм	Масса в кг	Максимальная тем- пература валков в К	Распорная сила на единицу длины валка в Н/см
Двухвалковый верти- кальный КП2 710×1800	710	1800	3—30	От 1 : 1 до 1 : 1,5	75	7000×1800×3700	45 800	453	6 000
Трехвалковый тре- угольный: КП3 500×1250А	500	1250	4—40	» 1 : 1 » 1 : 1,5	80	5000×3000×2600	30 000	453	6 000
КП3 710×1800А	710	1800	4—40	» 1 : 1 » 1 : 1,5	125	8000×4000×3500	85 000	453	6 000
Четырехвалковый Z-об- разный: КПЛ4 225×450S КП4 500×1250S	225 500	450 1250	2,5—25 6—60	» 1 : 1 » 1 : 1,5 » 1 : 1 » 1 : 1,5	16 125	4000×1500×1800 7500×2700×3500	8 200 60 000	473—573 463	3 000 6 000
Четырехвалковый: L-образный КП4 500×1250L Г-образный КП4 710×1800Г Z-образный КП4 710×1800S	500 710 710	1250 1800 1800	3—30 3—30 6—60	» 1 : 1 » 1 : 1,5 1 : 1 1 : 1	168 300 350	7070×3820×3455 9490×4400×4696 10 000×4500× ×5000	54 000 115 532 170 000	493 463 463	12 000 6 000 7 000
Z-образный КП4 950×2800S	950	2800	4—40	1 : 1	500	9200×10 500× ×7400	306 950	463	7 000

обеспечена смазка всех основных узлов каландра. При засорении системы смазки четырехвалкового каландра происходит блокировка привода.

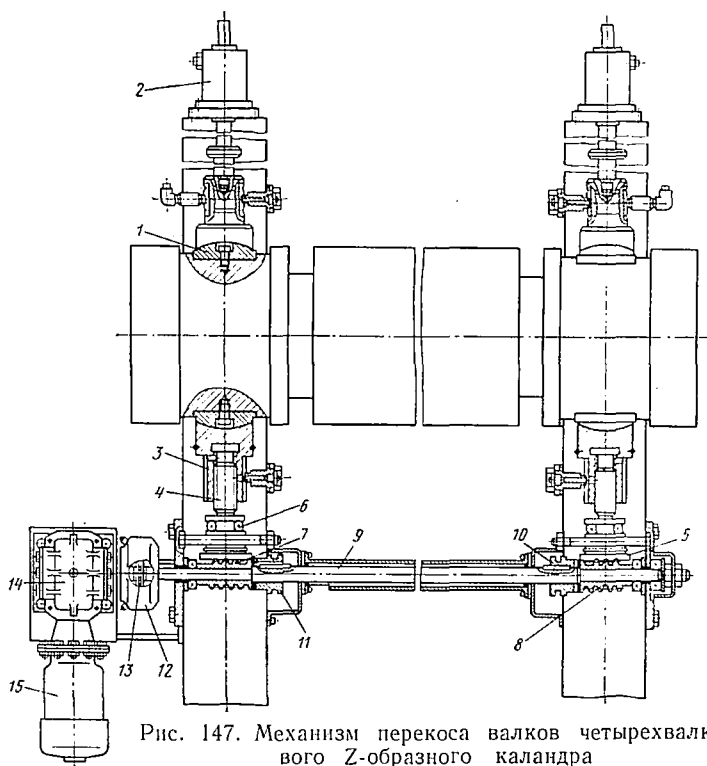


Рис. 147. Механизм перекося валков четырехвалкового Z-образного каландра

Валки каландра приводятся от электродвигателей 27 через редуктор 28 и универсальные шпиндели 29.

В табл. 21 приведена техническая характеристика отечественных каландров для переработки пластмасс.

§ 3. РАСЧЕТ КАЛАНДРОВ

Определение фрикции. Фрикцией называется отношение угловых скоростей валков

$$f = \frac{\omega_1}{\omega_2}. \quad (235)$$

Необходимость фрикции объясняется тем, что пленка после выхода из зазора h между валками переходит на валок с более высокой угловой скоростью. Кроме того, при наличии фрикции в зазоре отдельные слои материала перемешиваются, что способ-

ствуется улучшению равномерности массы по толщине пленки или листа:

$$\text{grad } \omega = \frac{\omega_1 - \omega_2}{h} = \frac{\omega_2}{h} (f - 1) \text{ с}^{-1}. \quad (236)$$

Фрикция зависит от свойств материала, скорости каландрирования, толщины материала и т. д. При переработке жесткого ПВХ фрикция $f = 1 : 1$, так как при наличии фрикции ПВХ измельчается в зазоре, что ухудшает условия формирования пленки.

Отношение фрикции между первым и последним валками каландра обычно бывает более 1 : 2.

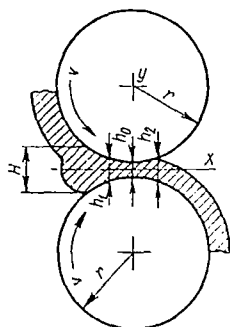


Рис. 148. Схема течения полимеров в зазоре валков каландра

Определение распорных сил и мощности.

Основные закономерности приведенного в гл. I (раздел первый) расчета распорных сил валцов справедливы и для каландров, но с некоторыми особенностями. В каландрах, как и в валцах, непрерывный сход листа или пленки с последней пары валков осуществляется вследствие вращения в противоположные стороны валков с одинаковыми и разными скоростями. Нормальная работа каландра зависит от величины зазоров: начального, промежуточных и калибрующего, причем в двух последних зазорах должен создаваться дополнительный запас

материала. На схеме течения полимера в зазоре валков каландра (рис. 148) величина запаса H обеспечивает непрерывное заполнение зазора с h_1 до h_0 . Лист или пленка, выходя из зазора, увеличивает свою толщину до h_2 за счет эффекта высокоэластичной деформации. Толщина изделия практически принимается равной 1,22—1,30 от минимального зазора h_0 между валками.

Для определения распорных сил Э. Бернхардт предлагает пользоваться дифференциальными уравнениями профиля давлений Ардичвили, принимая $p = 0$ при $x = 0$.

При выводе уравнения предполагается, что диаметры обоих валков и скорости их вращения одинаковы, пластическая масса обладает свойствами ньютоновской жидкости, а процесс каландрирования протекает изотермически. Считается также, что скольжение на поверхности валков отсутствует, а перемещением материала в направлениях осей y и z можно пренебречь. Кроме того, предполагается, что силы инерции незначительны и что завихрение потока отсутствует.

На основе общих уравнений гидродинамики выводится зависимость

$$\frac{dp}{dx} = 12\mu v \left(\frac{1}{h^2} - \frac{h_1}{h^3} \right), \quad (237)$$

где v — окружная скорость валков; μ — эффективная вязкость.

Это уравнение можно проинтегрировать, если выразить dx через h . Из геометрических соотношений следует, что

$$h = h_0 + 2(r - \sqrt{r^2 - x^2}),$$

где h_0 — минимальный зазор и r — радиус валка.

Разлагая выражение, стоящее под знаком радикала, в ряд и пренебрегая членами высшего порядка, получим

$$h \approx h_0 + x^2. \quad (238)$$

Решая уравнение (238) относительно x и дифференцируя полученное выражение, подставляем результат в уравнение (237), считая, что

$$h_1 = \frac{4}{3} h_0. \quad (239)$$

После интегрирования получим формулу для определения удельного давления

$$p = 4\mu v \frac{\sqrt{r(h-h_0)}}{h^2}. \quad (240)$$

Распорная сила

$$P = l \int_{h_0}^H p dx, \quad (241)$$

где l — длина рабочего участка валка, соответствующая ширине каландрируемого листа.

Подставляя в уравнение (241) уравнения (238) и (240) и интегрируя полученное выражение, находим

$$P = 2\mu v r l \left(\frac{1}{h_0} - \frac{1}{H} \right). \quad (242)$$

Если известен способ выбора соответствующего значения вязкости, то уравнение позволяет рассчитать величину распорной силы, которая в этом случае полностью определяется режимом переработки и методом выбора вязкости.

Зная распорную силу, можно определить мощность, потребляемую одной парой валков каландра, по формуле, предлагаемой Н. А. Козулиным,

$$N_1 = 27 \cdot 10^{-4} P v \sqrt{\frac{h_0}{r}}, \quad (243)$$

где $v = \pi D n$; D — диаметр валка в м; n — частота вращения валка в секунду.

Для каландров с числом валков z суммарная мощность

$$N = \frac{\sum_1^z N_1}{\eta_1 \eta_2}, \quad (244)$$

где η_1 и η_2 — к. п. д. машины и привода.

Определение производительности каландров. Массовая производительность каландра как машины непрерывного действия (с однократным пропуском материала через данную пару валков) может быть определена по формуле

$$m_t = vF\rho\eta, \quad (245)$$

где v — скорость выхода ленты (пленки) в м/с; F — площадь поперечного сечения ленты в зазоре между валками;

$$F = h_2 L;$$

h_2 и L — толщина и ширина ленты, выходящей из зазора; ρ — плотность ленты в кг/м³; η — коэффициент использования машинного времени.

Скорость выхода ленты не равна окружной скорости валка, на который налипает материал; она будет несколько больше окружной скорости валка из-за так называемого опережения материала и фрикции.

С учетом фрикции i и на основании гидродинамической теории каландрирования производительность рассчитывают по формуле

$$m_t = h_2 \rho L \frac{v(1+i)}{2} \eta, \quad (246)$$

где v — окружная скорость валка в м/с.

Методы компенсации прогибов валков. Прогиб валков под действием распорной силы (что вызывает неравномерность толщины каландрируемого изделия) компенсируют применением бомбировки, перекрещивания и контризгиба валков. Зная распорную силу, можно рассчитать величину максимального прогиба Δh_{\max} в центре валка (рис. 149):

$$\Delta h_{\max} = \frac{Pl(8L^3 - 4l^2 + l^3)}{384EJ_x}, \quad (247)$$

где P — распорная сила, действующая на 1 см длины валка диаметром D ; l — длина рабочего участка валка; L — расстояние между подшипниками валков; E — модуль упругости материала валка; J_x — момент инерции относительно оси x .

Для определения прогиба Δh по длине l валка Р. В. Торнер предлагает пользоваться уравнением

$$\frac{\Delta h}{\Delta h_{\max}} = \frac{8zl(3L^3 - 4z^2 + l^2) + (2z + l - L)^4}{(8L^3 - 4lL^2 + l^3)l}. \quad (248)$$

В действительности изменение профиля поперечного сечения зазора равно удвоенной величине прогиба валка.

Бомбировка валков (рис. 150, а) состоит в том, что внешнему калибрующему валку каландра придают бочкообразную форму. Диаметр средней части валка делают немного больше, чем на его концах, а профиль поверхности выполняют по параболе.

Величина бомбировки в любом сечении валка на расстоянии z от его середины

$$\Delta D = D_c - D_z. \quad (249)$$

Учитывая, что в действительности изменение профиля поперечного сечения зазора равно удвоенной величине прогиба валка, можно записать

$$D_c = D_k + 2(h_{\text{н}} + h_{\text{в}}), \quad (250)$$

где $h_{\text{н}}$ и $h_{\text{в}}$ — прогиб нижнего и верхнего валков.

Подставляя значение D_c в уравнение (249), получим

$$\Delta D = 2(h_{\text{н}} + h_{\text{в}}).$$

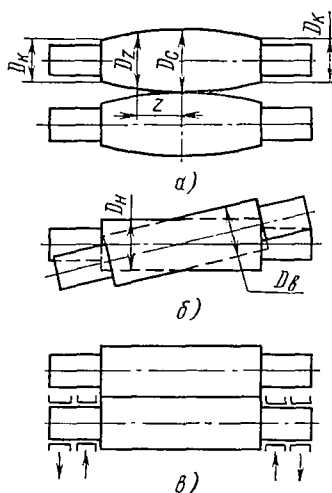
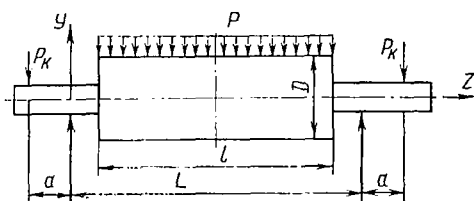


Рис. 149. Схема расположения координатных осей и нагрузок при расчете прогиба валков

Рис. 150. Схема методов компенсации прогиба валков:

a — бомбировка; *б* — перекрещивание; *в* — конусизм

Для предотвращения скольжения материала, вызванного бомбировкой валков, следует пользоваться следующими зависимостями:

$$\Delta D_{\text{н}} = \Delta D \frac{D_{\text{в}}}{D_{\text{н}} + D_{\text{в}}}; \quad (251)$$

$$\Delta D_{\text{в}} = \Delta D \frac{D_{\text{н}}}{D_{\text{н}} + D_{\text{в}}},$$

где $D_{\text{в}}$ и $D_{\text{н}}$ — величины бомбировки верхнего и нижнего валков.

Применение бомбировки позволяет полностью скомпенсировать прогиб валка только при строго определенных технологических параметрах и рабочих режимах каландра.

Перекрещивание валков (рис. 150, б) состоит в том, что внешний калибрующий валок поворачивают в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через середину валка. Вследствие этого поворота зазор на краях валка оказывается больше, чем в середине. Изменение зазора Δy между вал-

ками, достигаемое при перекрещивании, можно определить из уравнения равнобочной гиперболы:

$$\Delta y = \left[\frac{4c^2 (L - 2z)^2}{L^2} + D^2 \right]^{1/2} - D, \quad (252)$$

где c — горизонтальное смещение центра подшипника и вала;

$$c = \sqrt{(h_{\text{н}} + h_{\text{в}})(D_{\text{н}} + D_{\text{в}})},$$

где $h_{\text{н}}$; $D_{\text{н}}$; $h_{\text{в}}$; $D_{\text{в}}$ — прогибы и диаметры рабочей части вала соответственно нижнего и верхнего.

Хотя этот метод и не обеспечивает полной компенсации прогиба по всей длине вала, но в настоящее время широко применяется.

Контризгиб валков (рис. 149 и 150, в) состоит в том, что к концам внешнего калибрующего вала прикладываются силы, создающие изгибающий момент, противоположный по знаку изгибающему моменту, возникающему под действием распорной силы. Изменения профиля зазора, возникающие в результате контризгиба, описываются выражением

$$\Delta y = \frac{P_{\text{к}} a}{2EJ} (z^2 - Lz), \quad (253)$$

где $P_{\text{к}}$ — сила контризгиба; a — расстояние между приложением силы $P_{\text{к}}$ и центром подшипника.

Степень компенсации, достигаемая при контризгибе валков, мало отличается от степени компенсации, достигаемой перекрещиванием валков. Большинство современных каландров оснащается как бомбированными валками, так и устройствами для перекрещивания или контризгиба валков. Комбинируя эти методы, удается добиться компенсации прогиба, при которой максимальные отклонения толщины изделия не превышают 1—2 мкм.

Глава X. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОПИТКИ И ПРОМАЗКИ

§ 1. ПРОПИТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Пропиточные машины применяются при производстве слоистых пластиков для пропитки основ (тканевой, бумажной, волокнистой) синтетическими полимерами. Слоистый пластик получают наложением друг на друга двух или более листов пропитанного смолой или клеем пластика (основы).

На рис. 151 показана схема производства декоративного слоистого пластика на бумажной основе, который широко применяется в элементах строительных конструкций. Пластик состоит из трех слоев: внутреннего, пропитанного бакелитовым лаком; кроющего

и компенсирующего, пропитанных карбамидной смолой. Компенсирующий слой предохраняет пластик от коробления. Карбамидная смола из реактора 1 самотеком и бакелитовый лак из цистерны 2 насосом 3 подаются соответственно в приемники 4 и 5, откуда насосами 6 и 7 перекачиваются в напорные емкости 8 (для карбамидной смолы) и 9 (для бакелитового лака). Из емкостей смола и лак поступают в ванны 10 и 11 пропиточных машин, где происходит пропитка бумаги, разматываемой с рулонов 12 и 13. Пропитанная бумага проходит камеры термической обработки 14

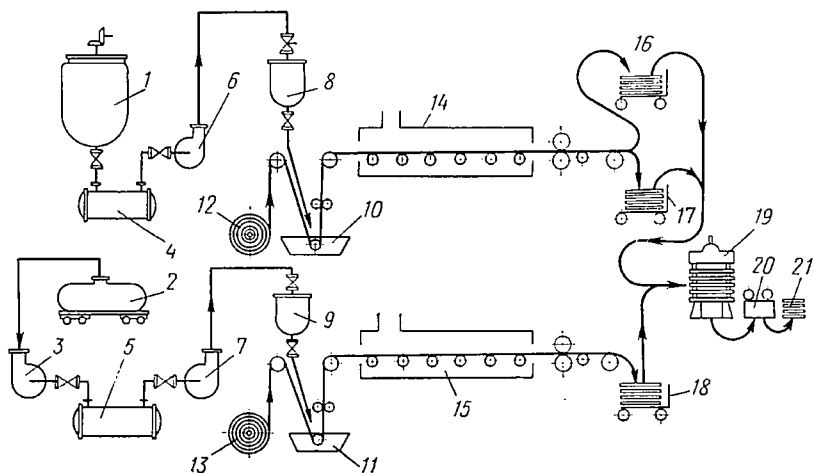


Рис. 151. Схема производства слоистого пластика

и 15, режется на форматы и складывается в стопы 16 (для кроющих слоев), 17 (для компенсирующих слоев) и 18 (для внутренних слоев). Затем происходит формирование пакетов (заготовок) и прессование на гидравлическом прессе 19. Отпрессованный слоистый пластик поступает на станок 20 для обрезки кромок, а затем на склад 21 готовой продукции.

Пропиточные машины в зависимости от конструкции сушильной камеры подразделяются на туннельные, контактные и камерные; в зависимости от направления движения основы — на вертикальные и горизонтальные; по способу термической обработки — на машины с воздушной и радиационной сушкой.

Пропиточные машины с радиационной сушкой в зависимости от способа нагрева подразделяются на машины с выносным калорифером, с внутренними нагревателями и принудительной подачей воздуха и с внутренними нагревателями без принудительной циркуляции воздуха.

Камерные машины в зависимости от хода материала подразделяются на петлевые и спиральные.

Разновидностью пропиточных машин являются лакировальные машины, которые применяют для одностороннего покрытия бумаги

лаком или эмульсией и имеют более простую конструкцию по сравнению с пропиточными. Лакировальные машины в основном относятся к типу контактных и делятся на барабанные и с фасонной оправкой. Термическая обработка на этих машинах может быть проведена за меньшее время. Практически любая пропиточная машина может быть переведена на режим лакирования путем увеличения скорости ленты и замены отжимных валков в пропиточной ванне мажущими валками или щетками.

Наибольшее применение при производстве слонстых пластинок нашли туннельные машины с радиационным обогревом материала. Эти машины универсальны и характеризуются меньшим временем термической обработки по сравнению с машинами воздушной сушки.

Вертикальные пропиточные машины применяют обычно для пропитки ткани в производстве текстолита, но в последнее время их успешно применяют и для пропитки бумаги, главным образом фенольными смолами. Основное преимущество вертикальных машин заключается в их компактности.

Вертикальные пропиточные машины бывают однопоточные, двухпоточные односторонние и двухпоточные двусторонние.

В однопоточной вертикальной пропиточной машине (рис. 152) бумага с рулона 1 через ряд направляющих валиков 2 поступает в пропиточную ванну 3, где впитывает раствор связующего в количестве, зависящем главным образом от свойств бумаги и вязкости пропиточного раствора. По выходе из ванны бумага проходит отжимное устройство 4, удаляющее избыток смолы, и поступает в сушильную камеру 5, которая обогревается при помощи паровых змеевиков. Циркуляция воздуха обеспечивается подачей его через калориферы в нижнюю часть сушильной камеры и отсасыванием из верхней части.

В верхней части сушильной камеры находятся приводные и перевальные валики 6. Полотно бумаги в обратном направлении может идти или снаружи, или внутри сушильной камеры. Во втором случае высота машины может быть значительно сокращена без снижения производительности. Бумага по выходе из сушильной камеры тянущими валиками 7 подается под ротационный нож 8, где нарезается на определенный формат и поступает на приемный транспортер 9 для складирования в стопы. С помощью коробки передач 10 можно изменять формат нарезаемой бумаги. Привод 11 машины состоит из электродвигателя, редуктора и цепных передач. Высота сушильной камеры 6—14 м. Температура термической обработки 403—423° К. Производительность вертикальных машин 0,3—0,33 м/с.

Недостатками вертикальных машин являются относительно большая частота обрывов непрочной основы и малая производительность по сравнению с горизонтальными машинами.

Горизонтальные пропиточные машины применяются для пропитки кроющих и компенсационных бумаг водным раствором кар-

бамидной смолы. Горизонтальные машины являются высокопроизводительными. В настоящее время достигнуты скорости 1,65—3,33 м/с при длине туннеля 60 м и более. Такие машины делятся на два типа: однопоточные и многопоточные.

Основными элементами однопоточной пропиточной машины (рис. 152) являются узлы: размотки, нанесения связующего, привод машины, сушилки и намотки (или резки) пропитанной бумаги. В узел размотки входят вал на опорах для установки рулона бумаги 1 и два гуммированных тянущих валика 2 для подачи бумаги с рулона в пропиточную ванну 3. Привод 4 состоит из электродвигателя с редуктором и варнатором, позволяющим в случае необходимости плавно изменять скорость движения полотна бумаги. В ванне расположены два алюминиевых валика 5, перемещаемых в вертикальном направ-

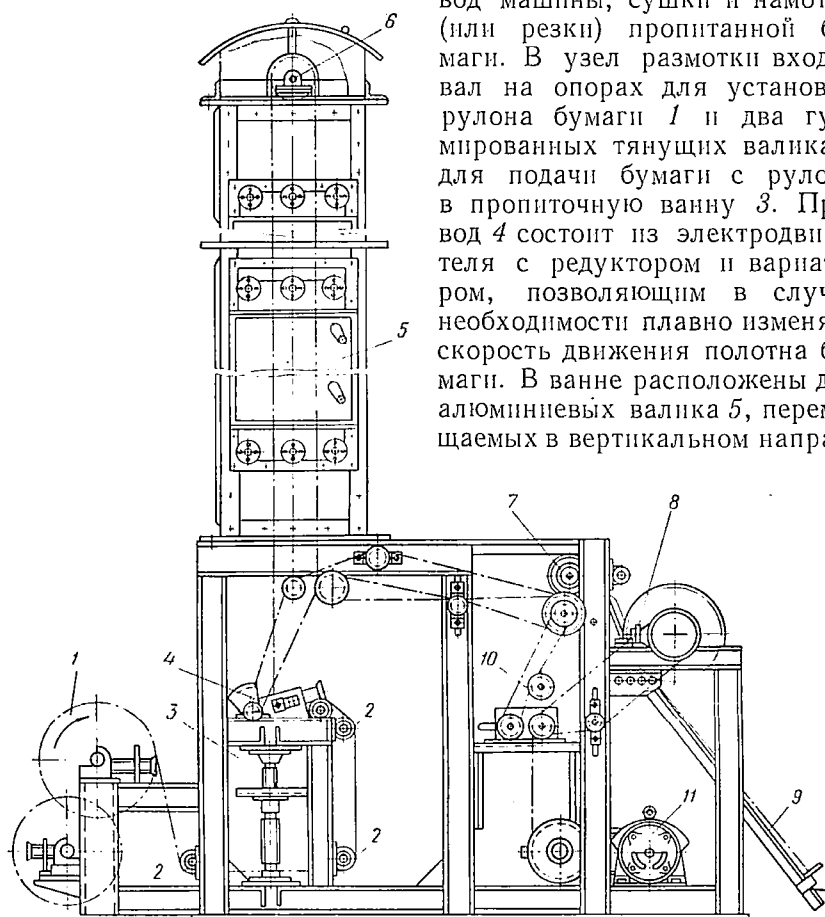


Рис. 152. Вертикальная пропиточная машина

лении. С их помощью можно регулировать степень погружения полотна в раствор смолы.

Поскольку крошечные бумаги обладают после пропитки недостаточной прочностью и могут обрываться при малейшем натяжении, для подачи бумаги из ванны в туннель термической обработки имеются валики 6, вращающиеся синхронно с движением полотна бумаги и поддерживающие его. Затем бумага поступает в сушиль-

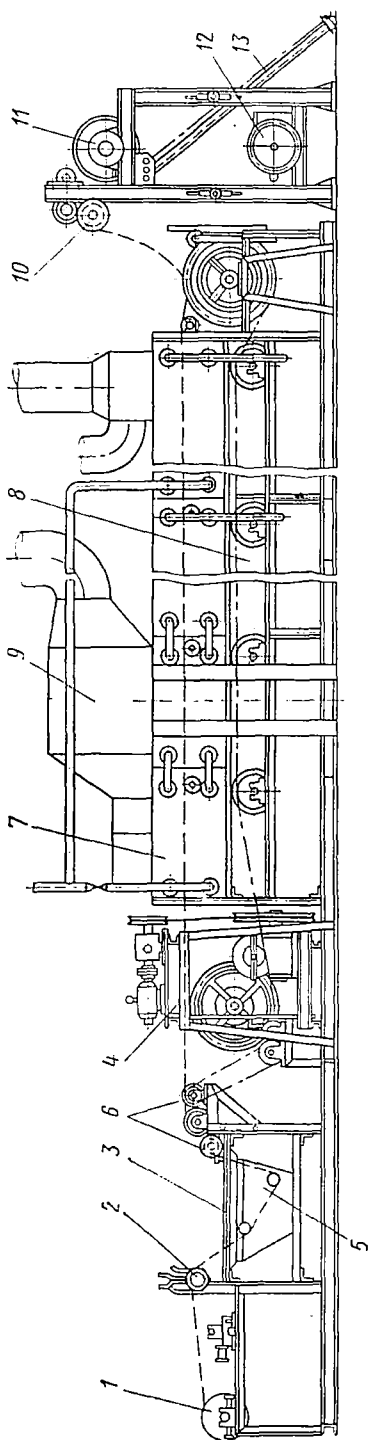


Рис. 153. Горизонтальная пропиточная машина

ный туннель 7, представляющий собой горизонтальный канал, в нижней и верхней части которого имеются змеевики, обогреваемые перегретой водой.

Между змеевиками проходит цепной транспортер 8, на пластины которого поступает полотно бумаги. В сушильный канал подается воздух при помощи вентилятора через паровые калориферы 9, где он нагревается до высокой температуры. Горячий воздух поступает в туннель через короб с щелями-дюзами таким образом, что основа обдувается встречным потоком горячего воздуха. Воздух циркулирует в канале, поддерживая температуру 393°K , и с парами воды выходит в атмосферу. После выхода из сушильного туннеля пропитанная бумага тянущими валками 10 подается под ротационный нож 11, получающий вращение от привода 12. Нарезанная бумага поступает на приемный транспортер 13.

Для пропитки основы фенольными смолами целесообразно применять многопоточные горизонтальные машины, которые рассчитаны на одновременную пропитку и сушку нескольких полотен бумаги. Применение этих машин дает возможность увеличивать съем продукции с 1 м^2 производственной площади. Многопоточная машина в основном аналогична машине для пропитки бумаг карбамидными смолами, но в связи с большей вязкостью пропиточного раствора узел нанесения связующего имеет иное устройство. Он состоит из двух приводных отжимных валов, которые

погружены в пропиточную ванну. Пропиточная ванна имеет второе дно, пространство под которым заполнено глицерином или маслом, обогреваемым паром или электричеством. Тепло от разогретого глицерина (или масла) через второе дно передается пропиточному раствору, который в результате приобретает необходимую вязкость. Ванна может перемещаться в вертикальном направлении.

Отжимные валы для обеспечения равномерности содержания смолы в пропитанной основе должны иметь правильную цилиндрическую форму и высокий класс чистоты поверхности. Зазор между валами изменяется в зависимости от свойств применяемой основы, концентрации и вязкости раствора. Сушильный туннель не имеет транспортера для поддержания бумаги. Его роль выполняют опорные валики, расположенные с определенным шагом по длине туннеля и вращающиеся в сторону движения полотна бумаги.

Основа поддерживается воздушной подушкой, которая образуется в результате поступления в сушильный канал через дюзы горячего воздуха, направленного навстречу движению потока и проходящего в основном под ним. Для поддержания ленты основы на весу воздух из калорифера должен распределяться равномерно по всей длине зоны термической обработки.

Скорость струи воздуха, выходящего из каждой дюзы,

$$v = \frac{V_t}{\frac{L}{t} S}, \quad (254)$$

где L — длина зоны термической обработки в м; t — шаг дюз в м; S — площадь выходного сечения дюзы в м²; V_t — количество подаваемого воздуха, рассчитанное исходя из условия обеспечения взрывобезопасной концентрации растворителя, в м³/с.

Задаваясь минимальной высотой h (в м) расположения основы над линией поддерживающих роликов и зная производительность пропитки материала m_t (в кг/с), можно составить уравнение баланса мощности

$$V_t \rho_{\text{возд}} \frac{v^2}{2g} = m_t h, \quad (255)$$

где g — ускорение свободного падения в м/с²; $\rho_{\text{возд}}$ — плотность воздуха в кг/м³.

Решая эти уравнения совместно, можно определить значения S или t , обеспечивающие поддержание основы на весу по всей длине зоны термической обработки. Температуру сушки обычно поддерживают 423—433° К.

После выхода из сушильной камеры пропитанная основа наматывается в рулоны и передается на резательную машину для резки на формат. Равномерное натяжение основы при ее намотке достигается при помощи фрикционной муфты специальной конструкции. Иногда вместо намотки основа сразу нарезается на за-

данный формат при помощи резательного устройства гильотинного и ротационного типа.

В настоящее время созданы высокопроизводительные конструкции горизонтально-пропиточных машин, у которых механическое транспортирование бумаги заменено пневматическим (воздушная подушка) с подачей воздуха перпендикулярно движению полотна. Пневматическое транспортирование предотвращает загрязнение бумаги и необходимость чистки реек непрерывного транспорта.

§ 2. ПРОМАЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

Промазочные машины применяют для нанесения пасты высокополимеров на текстильную или другую основу и желатинизации. Особенно широко используются эти машины в производстве основного линолеума и текстуринита. Компоненты (синтетическая смола, пластификатор, наполнитель, стабилизатор и краситель) через дозатор подаются в смесители предварительного перемешивания, а оттуда в смесители для окончательного перемешивания. Приготовленная паста поступает в бункер промазочной машины и питателем подается на основу, поступающую непрерывной лентой из рулона.

Установка для производства основного поливинилхлоридного линолеума промазным способом показана на рис. 154. Она состоит из ряда машин и механизмов, объединенных в одну поточную линию.

На станине 1 смонтированы желобчатый рольганг 2 для укладки рулона 3 полукардельной ткани и система валиков 4 с четырьмя электронагревательными элементами 5, обеспечивающими просушку ткани. Ткань поступает в натяжные валки 6, из которых нижний является приводным. Верхний валок может передвигаться по высоте с помощью винтового устройства, что позволяет регулировать силу зажима ткани между валками. Для расправления ткани по ширине служат правильные валки 7. Нижний правильный валок имеет правую и левую винтовые нарезки, расходящиеся от центра к краям валка. Винтовой валик является приводным. Для зажима ткани между валками служит винтовое устройство, позволяющее регулировать положение верхнего валка (по вертикали). На станине смонтирован также механизм 8 склейки ткани и ножницы 9 для обрезки концов и вырезки швов.

Пастообразная линолеумная масса загружается в бункер 10, из которого посредством валкового питателя 11 непрерывным слоем подается на движущуюся ткань, где сглаживается и калибруется раклями 12. Количество подаваемой валковым питателем массы несколько превышает ее расход, поэтому по мере накопления массы перед первым калибрующим ножом подача ее автоматически прекращается. Щуп, расположенный перед калибрующим ножом, при значительном накоплении массы отклоняется и через систему рычагов выключает муфту привода валкового питателя.

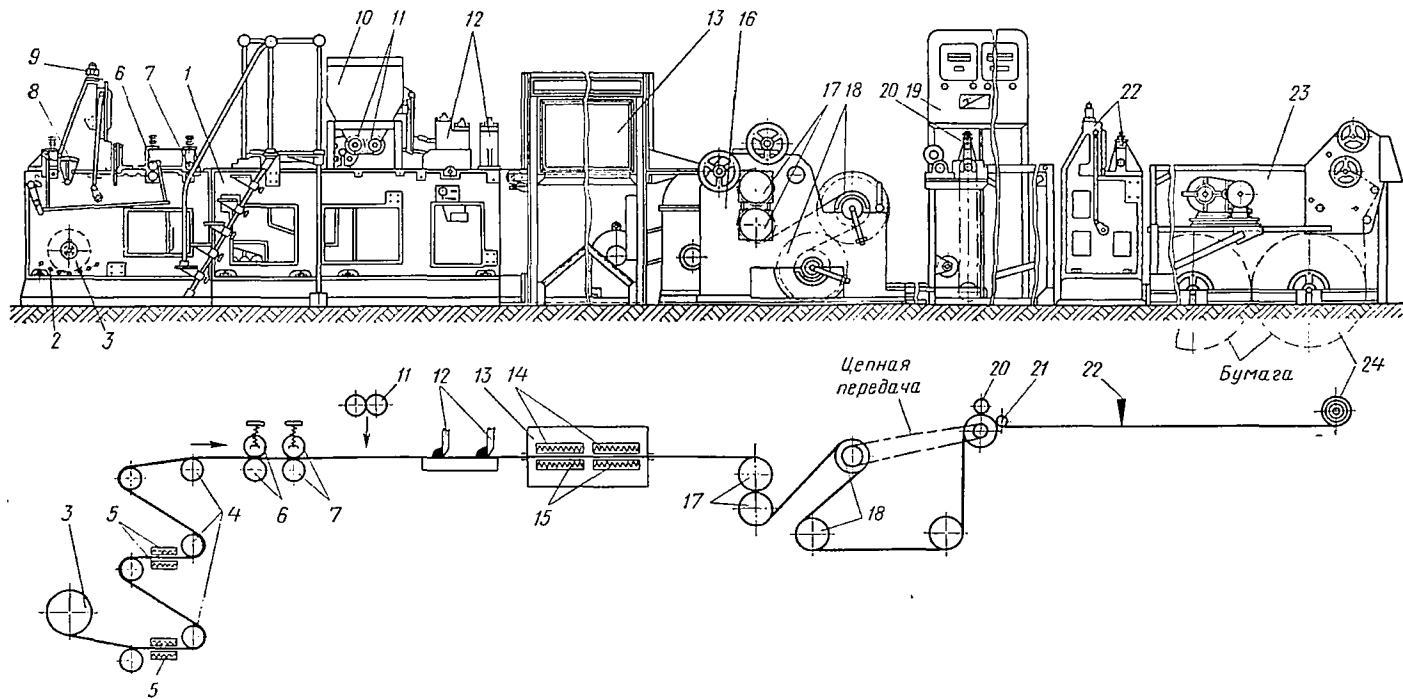


Рис. 154. Установка для производства основного линолеума

Включается муфта под действием пружин. Далее лента поступает в термокамеру 13, где слой массы, нанесенный на ткань, подвергается термической обработке, т. е. двустороннему подогреву ленты в течение 7—13 мин до 533° К. Подогрев производится электронагревательными элементами, смонтированными в верхних 14 и нижних 15 плитах.

Окончательное калибрование толщины линолеума и создание глянцевої поверхности производится в каландре 16, который состоит из пары каландрирующих валков 17, нагреваемых электронагревателями до 373—525° К, и пары охлаждающих валков 18, которые охлаждаются проточной водой, подводимой внутрь их. Температура нагрева валков регулируется автоматически. Вся тепловая аппаратура и электронные регуляторы смонтированы в специальном шкафу 19. Далее лента линолеума поступает на стол обрезки кромок и бракеража, на котором размещены тянущие валики 20 и ножи 21 продольной обрезки кромок. Линолеум разрезается на куски требуемой длины ножницами 22 гильотинного типа, которые включаются при подаче импульса от счетчика длины. На столе 23 линолеум сматывается в рулоны 24 и обертывается бумагой. Скорость движения ленты линолеума от 0,015 до 0,03 м/с со ступенчатым регулированием. Ширина выпускаемого линолеума 1,6 м.

В установке автоматизированы: подача сигналов о месте сшивки ткани, регулирование температуры всех нагревательных устройств, отрезка кусков линолеума заданной длины, учет длины выработанного линолеума и длины в рулонах, регулирование подачи массы питателем.

Каландр (рис. 155) состоит из двух боковин 1, установленных на фундаментной плите 2 и скрепленных между собой поперечными связями.

В пазах станин установлены в подшипниках один над другим два валка 3 с электронагревателями 4. Нагреватели одним концом закреплены во фланце 5, который присоединен к подшипникам 6 валков. Вторые концы нагревателей закреплены в обойме, которая опирается на пальцы 7, вращающиеся вместе с валками. В центре каждого нагревателя встроена термopара, соединенная проводом с электронным регулятором, поддерживающим температуру нагрева валков на заданном уровне. Между корпусами подшипников верхнего и нижнего валков установлены сухари 8, положением которых регулируется зазор между валками, а следовательно, и толщина линолеума. В зависимости от толщины изготавливаемого линолеума (2—5 мм) верхний валок можно перемещать по вертикали при помощи винтовых устройств 9. Винты поворачивают вручную с помощью маховичков 10 через валики и червячную передачу. Оба горячих валка вращаются один навстречу другому от электродвигателя 11 через ременную передачу, редуктор 12 и системы зубчатых передач. Скорость движения полотна линолеума определяется при помощи таходинамо 13, приводимого

в движение от редуктора через шкив 14 клиноременной передачи. Таходинами установлено на специальной плите, закрепленной на корпусе редуктора. Вольтметр, включенный в сеть таходинамо и градуированный на скорость движения полотна линолеума, установлен на пульте управления.

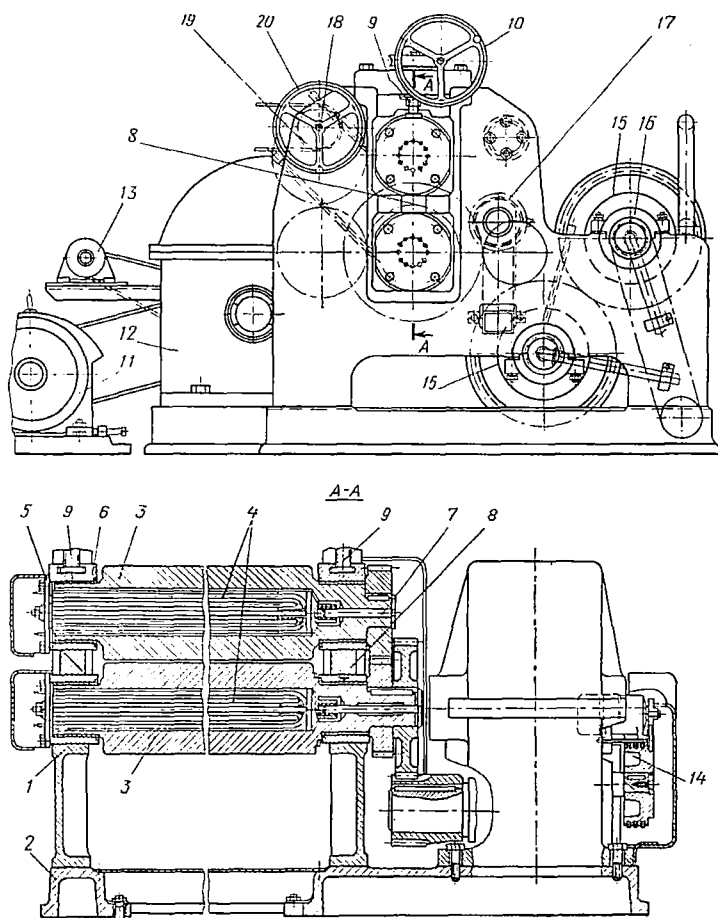


Рис. 155. Каландр

За горячими валками установлены два полых цилиндра (валка) 15, охлаждаемые проточной водой. К торцовым стенкам цапф цилиндров подведены трубопроводы. Цилиндры приводятся во вращение от общего привода. Принудительное вращение охлаждающих цилиндров требуется для облегчения протяжки полотна при запуске машины до подхода полотна с массой к каландрующим горячим валкам. На цапфе верхнего цилиндра установлена звездочка 16, служащая для привода тянущих валков

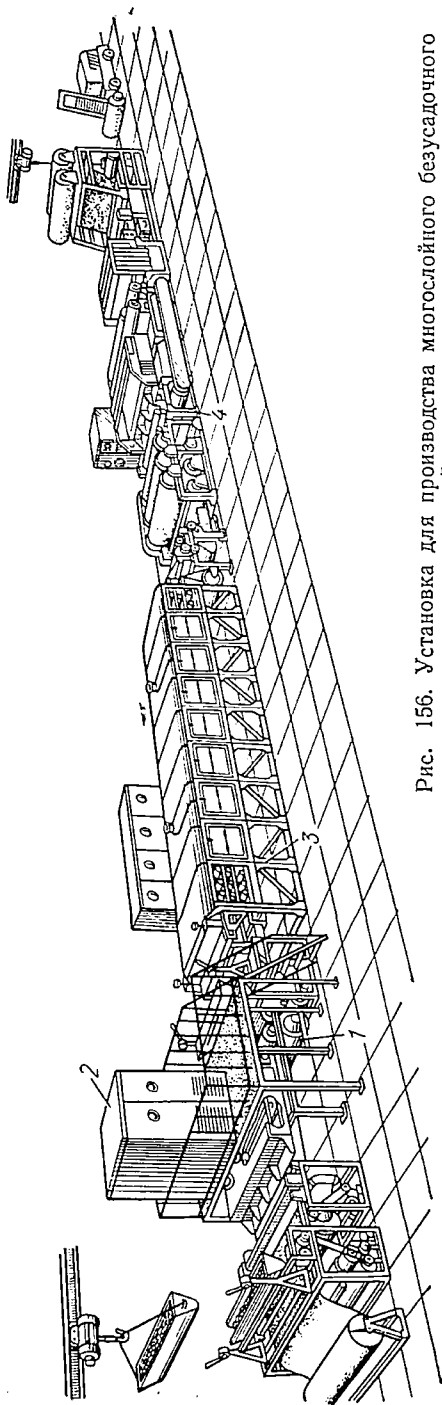


Рис. 156. Установка для производства многослойного безусадочного линолеума

стола приемки. В процессе каландрирования горячими валками излишки массы выдавливаются и собираются в виде сухой крошки на специальном лотке. На переднем краю лотка закреплена пластинка из фетра, прижимающаяся к нижнему валку. По мере износа фетра он может выдвигаться из паза лотка, а сам лоток может смещаться по направлению к цилиндру для устранения зазора. Накапливающаяся на лотке крошка пересыпается через наружный край лотка и падает в желоб червяка 17, который выводит крошку из машины.

Для предварительного протягивания ткани без массы через термокамеры при заправке предусмотрено специальное устройство. Это устройство представляет собой валик 18, установленный в боковых стенках станины. На валике закреплены два ролика 19 и штурвал 20. Через ролики перекинута (образуя две петли) бесконечные стальные канатики, проходящие через термокамеру и охватывающие на другом конце камеры подпружиненные ролики. На канатиках напаяны трубки. К этим трубкам перед входом в термокамеру привязываются концы переднего края ткани, и затем вращением штурвала ткань протягивается через термокамеру до горячих валков каландра.

Дальнейшим этапом развития промазного способа производства линолеума яви-

лось создание установки для получения многослойного [безусадочного поливинилхлоридного линолеума на тканевой или волокнистой основе с использованием т. в. ч. [2]. Установка имеет три грунтовальных узла, две желировочные камеры и узел ступенчатого охлаждения. В первой камере 1 (рис. 156) желируется первый слой массы т. в. ч. Далее материал проходит последующих слоев массы попадает в камеру 3 с двухъярусной зоной инфракрасного излучения. После термической обработки лента линолеума претерпевает постепенное ступенчатое охлаждение на охладительных барабанах 4. Такая комбинированная обработка линолеумной массы позволяет за короткий промежуток времени снять часть внутренних напряжений и снизить усадочные явления в готовом изделии.

Глава XI. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОРСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛОВ

Наряду с количественном ростом производства новых синтетических материалов для покрытия полов за последнее время наметились существенные качественные изменения их номенклатуры и ассортимента. Это относится прежде всего к новой группе материалов — синтетических ворсовых теплозвукоизоляционных покрытий для полов. В отличие от штучных ковров, которыми застилают часть паркетного, линолеумного или иного пола и которые выполняют определенные утилитарные и эстетические функции, ковровыми материалами строительного назначения покрывают всю поверхность пола. Эти материалы, обладая высокими акустическими, теплотехническими и декоративными качествами, являются наиболее целесообразными для применения в таких помещениях, как номера гостиниц, пансионатов, домов отдыха, спальня и детские комнаты, квартиры, студии звукозаписей и др.

На рис. 157 показана схема технологического процесса производства ворсовых ковров (длина ворса 2—3 мм) на пенолатексной основе (толщина 5 мм) с плотностью 0,15—0,29 кг/см³. Сыпучие материалы и жидкости из емкости 1 дозируются на порционных весах 2 и специальных мерниках и подаются в мельницу 3 с фарфоровыми шарами. Готовая смесь (общая дисперсия) направляется в эмалированные емкости 4 с мешалкой для трехсуточного хранения. Латексная смесь готовится в эмалированном реакторе 5 с мешалкой, после чего ее переводят в реактор с охлаждением, где она хранится одни сутки. Дисперсию кремнефтористого натрия готовят в мельнице 6 с фарфоровыми шарами и хранят до трех суток в эмалированной емкости 7 с мешалкой. Все указанные компоненты насосами 8 (латексная смесь), 9 (общая дисперсия),

10 (дисперсия кремнефтористого натрия), 11 (раствор мыла) подаются в лопастной смеситель 12 и там вспениваются, причем раствор мыла предварительно вспенивается в роторной головке. Готовая пеномасса из смесителя по шлангу поступает к заливочному столу 13 с разравнивающим ножом ковровой машины, представляющей собой термокамеру 14 с цепным транспортером 15. Перед камерой находится раскаточное устройство 16, на ось которого надевается рулон с тканью. Ткань ворсом вниз крепят к транспортеру и подают на стол 13, где заливают ее пеномассой.

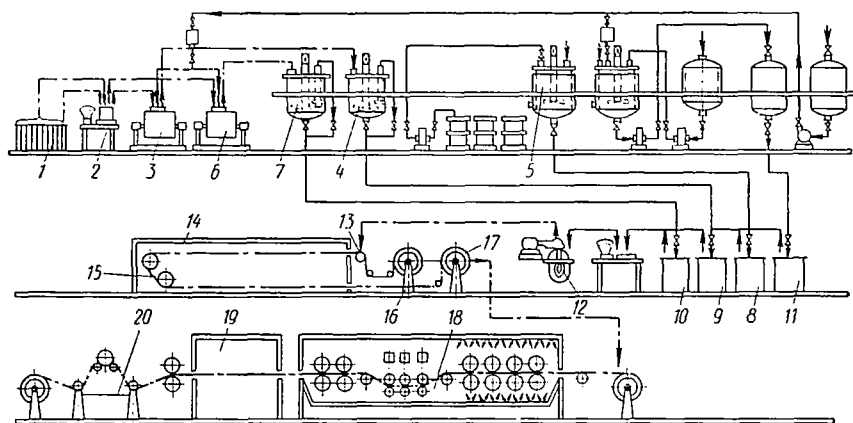


Рис. 157. Схема производства ворсовых ковров на пенолатексной основе

Латексная пеномасса в термокамере 14 желатинизируется и вулканизируется, образуя готовый ковер, который сматывается в рулон на закаточном устройстве 17. Далее готовое изделие промывается в мочной машине 18, сушится в камере 19, обрезается ножами 20, упаковывается и отправляется на склад готовой продукции.

На рис. 158 показана схема производства нетканых ворсовых покрытий для полов на поливинилхлоридной пленочной основе ворсалин (строительного назначения) толщиной 5—8 мм и высотой ворса 4 мм. Пряжа со шпулярика 1 через валик 2 и гребенку 3 направляется к питающим валикам 4, определяющим скорость подачи нити, и через компенсирующий валик 5 на барабан 6. Барабан набран из отдельных пленок, между которыми пряжа забивается ножами 7, формируясь в петли. Петли, зажатые планками барабана, входят в зону нанесения клеящей основы, где они обволакиваются пастообразной массой. Толщина слоя массы регулируется раклей 8, устанавливаемой с изменяемым зазором к поверхности барабана. При повороте барабана петли с клеящей массой входят в камеру термофиксации 9 и закрепляются клеевой массой, образующей прочную и равномерную пленку. По выходе из камеры изделие сходит с барабана 6 и огибает охлаждающий барабан 10, на котором пленка окончательно стабилизируется.

Кромки ковra обрезаются дисковыми ножницами 11, а готовое изделие, пройдя направляющую скалку 12, скатывается посредством накатных валиков 13 в рулон 14. При выработке изделий с тканевой основой технологический процесс отличается тем, что на раскатном валу 15 устанавливается рулон с подкладочной тканью, которая, раскатываясь, проходит по столу 16, где на нее наносится слой клеящего вещества, и затем с помощью обрезиненного валика 17 прижимается к петлям. Вместе с петлями подкладка проходит камеру термофиксации, которая в данном случае выполняет роль сушилки. Барабан 10 охлаждается и нагревается циркулирующей через него соответственно холодной или горячей водой. Основными узлами машины являются барабан, механизм петлеформования, механизм питания нитями, механизм слоеформования, камеры термофиксации и вентиляции, охлаждающий барабан.

На рис. 159 показан барабан, состоящий из вала 1 с дисками 2, 3, 4 и промежуточными втулками 5. Диски по наружному диаметру имеют по 501 пазу, в которые устанавливаются пластины 6. На диски 2 и 3 напрессовываются кольца 7, предохраняющие пластины от выпадания. Диски крепятся тремя стяжками 8 и гайками 9. Барабан поворачивается на определенный угол с помощью храпового колеса 10, ступица 11 которого монтируется на диск 3.

Шаг храповика равен трем шагам между пластинами на барабане, что соответствует количеству ножей механизма петлеформования. Механизм петлеформования формирует петли из ворсовой пряжи вбиванием их ножами 2, 3 и 4 (рис. 160) в промежутки между планками барабана 1. Для предохранения предварительно сформированной петель от вытягивания предусмотрена прижимная планка 5. Ножи краями прикреплены к штокам 6, которые перемещаются в направляющих 7. Поступательное движение штоки получают от кулачков 8, 9 и 10, сидящих на валу 12; и на каждый нож приходится пара кулачков одного профиля.

Рабочий процесс формирования петель происходит следующим образом. Кулачки 8 перемещают нож 3 в крайнее нижнее положение, и он занимает предварительно оформленную петлю; затем вступают в работу кулачки 9, перемещающие нож 4 на величину

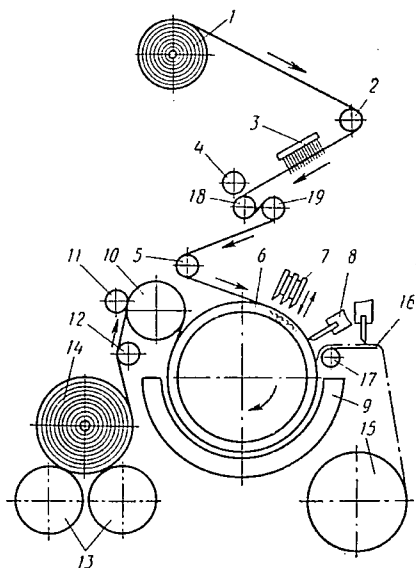


Рис. 158. Схема машины для производства Ворсалина

рабочего хода, а затем кулачки 10 и 11. В исходное положение ножи выводятся пружинами 13. На валу 12 имеется также кулачок 14, который, действуя на шток 15 и связанную с ним собачку 16,

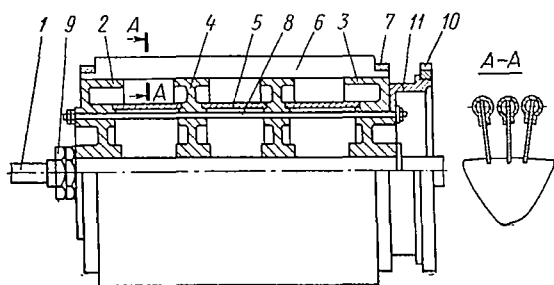


Рис. 159. Барабан

периодически поворачивает барабан 1 на угол, соответствующий трем шагам между пластинами.

Механизм питания нитями состоит из ряда валиков и гребенки 3 (см. рис. 158), позволяющей регулировать расстояние между отдельными нитями.

Питающий механизм состоит из двух обрезиненных валиков 4 и 18, причем валик 4 поджимается пружинами

и при заправке может отбрасываться вверх. Для увеличения угла обхвата валика 18 предусмотрен валик 19, который установлен шарнирно и при заправке отводится в сторону. Компенсирующий валик 5 находится под воздействием пружины, которая создает постоянное натяжение нити. Для получения определенной толщины слоя клеящей массы предназначен слоеформирующий механизм, который может применяться для пленочной и тканевой основы. Конструктивное исполнение этого устройства для выработки изделий на пленочной основе следующее (рис. 161). Направляющие кронштейны 1 крепят к рамам. В кронштейнах перемещается шток 2, к которому на уголках 3 прикреплена ракла 4. По краям ракля имеютя две щетки 5 с прорезами, которые дают возможность получать слой требуемой ширины. Для нанесения слоя требуемой толщины с помощью гаек 6 изменяют зазор между раклей и поверхностью пленочного барабана. Пастообразная масса подается в зону перед раклей, где она

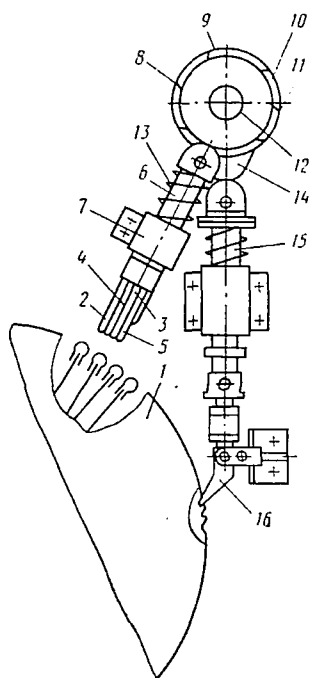


Рис. 160. Механизм петлеформования

скатывается в валок. По мере поворота барабана масса захватывается петлями и увлекается под раклю, в результате чего на петлях образуется слой клеящей массы требуемой толщины. По мере выработки масса периодически пополняется.

При производстве изделий с тканевой основой вместо устройства, показанного по первому варианту, процесс идет, как указано на рис. 158. Камера термофиксации и вентиляции, охватывающая по окружности половину пленочного барабана, состоит из наружного и двух боковых кожухов, внутри которых находятся три секции электронагревателей. Для изменения температуры

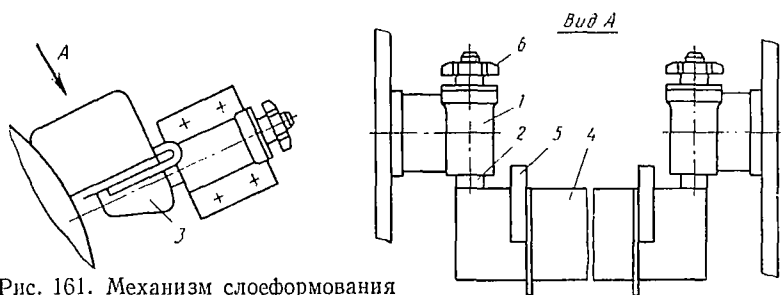


Рис. 161. Механизм слоеформования

в каждой из зон нагрева имеется возможность индивидуальной регулировки расстояния каждой секции от поверхности барабана. Кроме того, изменение напряжения изменяет температуру. Боковые кожухи соединены с отсасывающей вентиляцией для удаления образующихся в процессе термической обработки паров и газов.

Охлаждающий барабан состоит из двух цилиндров, соединенных диском с цапфами так, что между наружным и внутренним цилиндрами образуется полость. В цапфах имеются отверстия, соединяющиеся с радиально сходящимися отверстиями в дисках. Вода, подаваемая из водопровода в одну из цапф, попадает во внутреннюю полость барабана и выходит через вторую цапфу. Наружная обечайка барабана, охлажденная водой, соприкасается с пленкой и способствует ее быстрейшему охлаждению и закреплению. Температура охлаждения может регулироваться скоростью прохождения воды в полости барабана. При выпуске изделий с тканевой основой к барабану подводится горячая вода для дополнительной сушки изделия.

Машина приводится от электродвигателя через вариатор, червячный редуктор, вертикальный вал, коническую и цилиндрическую зубчатые передачи и цепную передачу.

Глава XII. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Среди многочисленных синтетических материалов стеклопластики занимают одно из ведущих мест. Их изготавливают на основе тканых и нетканых стекловолоконистых материалов (наполнителей)

и различных лаков и смол (связующих). Содержание смолы в наполнителе колеблется в пределах 25—60%. Отличительной особенностью стеклопластиков являются их высокие механические показатели, хорошая водо- и морозостойкость, химическая стойкость, высокие электроизоляционные свойства, возможность окрашивания изделий стойкими пигментами в желаемый цвет. Стеклопластики являются хорошими конструктивными материалами: они относительно легки, долговечны, не корродируют, не гниют. Некоторые виды стеклопластиков на прозрачном связующем пропускают от 60 до 80% световых лучей. Предел прочности стеклопластиков при растяжении и изгибе значительно превышает аналогичные показатели большинства неметаллических материалов.

Из стеклопластиков можно изготавливать плоские фигурные крупногабаритные изделия (кровля, конструкционный материал, сантехнические изделия, трубы, профильные изделия и т. д.).

Основными методами изготовления изделий из стеклопластиков (рис. 162) являются контактное формование, формование при помощи резиновых мешков и эластичных пуансонов, формование напылением, непрерывное формование и формование, применяемое при изготовлении труб.

Контактное формование является одним из способов получения плоских фигурных крупногабаритных изделий. Формы могут быть деревянными, гипсовыми, металлическими или пластмассовыми. Процесс формования состоит в поочередном накладывании на стенки формы наполнителя и смолы. Для предупреждения прилипания материала к стенкам формы на них накладывают листы целлофана или покрывают стенки антиадгезионными веществами.

На рис. 162, *a* показана схема контактного формования. Стекловолоконный наполнитель на форму 1 укладывают вручную, связующий материал с катализатором и ускорителем наносят вручную при помощи специальных кистей или пульверизатором. После пропитки наполнителя изделие покрывают листом целлофана и затем тщательно укатывают при помощи резиновых валиков (для устранения пузырьков воздуха и уплотнения слоя). Для формования изделий, пропитанных связующим горячего отверждения, применяют металлические формы с внутренним или внешним обогревом. Формование производится при температуре 353—413° К с выдержкой в течение 10—60 мин. При использовании связующего холодного отверждения изделие формуется при комнатной температуре. Продолжительность выдержки от 15 мин до 10 ч.

Формование при помощи резиновых мешков. Существуют три разновидности формования с помощью резиновых мешков: вакуумное, при котором удельное давление на формируемый материал не превышает $1 \cdot 10^5$ Н/м², пневматическое при удельном давлении $5 \cdot 10^5$ Н/м² и более и, наконец, пневматическое прессование с использованием эластичного пуансона.

Формование с использованием вакуумного резинового мешка (рис. 162, б) производится следующим образом. На поверхность формы 1 наносят слой наполнителя и пропитывают связующим, затем накладывают резиновый мешок 2 и зажимают клеммами 3. Из пространства, образованного стенками формы и внутренней поверхностью мешка, через патрубки 4, подсоединенные при помощи резиновых шлангов к вакуум-насосу, отсасывается воздух. Вследствие создаваемого разрежения стенки мешка под давлением атмосферного воздуха плотно прижимаются к формируемому изделию. Перед началом вакуумирования форму и материал подогревают при помощи электро-, паро- или водобогрева.

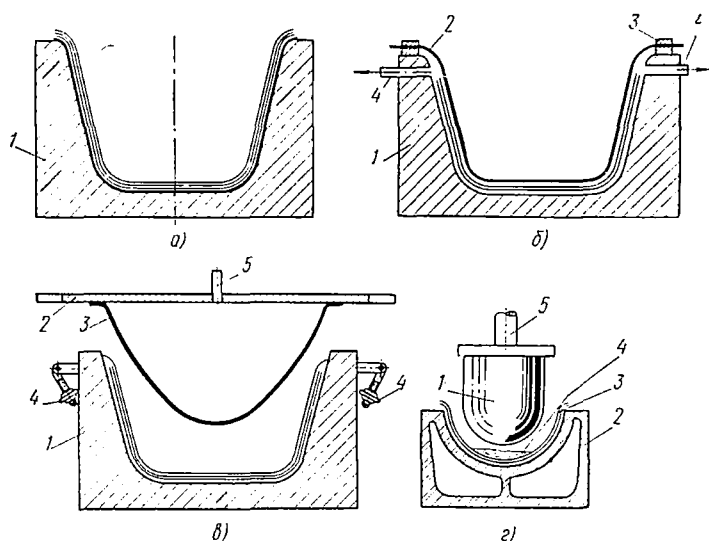


Рис. 162. Схема методов формования изделий из стеклопластиков

При пневматическом формовании с использованием резинового мешка (рис. 162, в) в форму 1 с пропитанным стекловолокнистым наполнителем опускают подъемную плиту 2, к которой прикреплен резиновый мешок 3. Плиту прижимают к форме болтами 4. Затем в мешок через патрубок 5 нагнетают воздух до давления $4 \cdot 10^5$ — $5 \cdot 10^5$ Н/м², вследствие чего стенки мешка равномерно прижимают формируемый материал к оформляющей части формы. Для ускорения процесса отверждения иногда в резиновый мешок подают под давлением теплый или горячий воздух. Таким способом можно изготавливать различные крупногабаритные изделия.

При изготовлении в больших количествах однотипных малогабаритных изделий применяют метод формования при помощи эластичного резинового плунжера. Установка состоит из пневмоцилиндра, на штоке которого укреплен резиновый плунжер 1 (рис. 162, г). Технология изготовления изделий аналогична технологии пневматического формования при помощи

резинового мешка. При этом методе формования используют электро- или паробогрев форм. В форму 2 закладывают стекловолоконный наполнитель 3 и смолу 4, после чего опускают эластичный плунжер 1. Затем через полый шток 5 в плунжер нагнетают воздух. Плунжер под давлением прижимает массу к стенкам формы.

Рассмотренные методы формования не требуют применения сложного и дорогостоящего оборудования и просты по технологии. Однако использование значительного количества ручного труда резко снижает достоинства этих методов. Более совершенным методом формования является метод напыления.

§ 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ МЕТОДОМ НАПЫЛЕНИЯ

Процесс формования изделий методом напыления состоит в том, что на форму при помощи пистолета-напылителя одновременно наносятся рубленые стеклянные волокна и полиэфирная смола. Формование стеклопластиков методом напыления помимо механизации процесса обеспечивает также замену сравнительно дорогостоящих стеклянных тканей и холстов рублеными стеклянными волокнами. Методом напыления можно изготавливать крупногабаритные плоские и фигурные изделия, а также наносить антикоррозионную или водозащитную изоляцию на бетонные стены, трубы больших диаметров и т. д. Этим методом можно напылять на потолки и стены материалы, обеспечивающие улучшение акустических свойств помещений (концертных залов, звукозаписывающих студий и т. д.).

На рис. 163 показана схема установки для формования методом напыления. Стеклоткань с катушки 1, установленной на разметочной оси, подается валками 2 в механизм резки, состоящий из ножевого режущего диска 3 и опорного валка 4. Подающие валки и режущий диск имеют самостоятельные и регулируемые приводы. Изменяя скорость вращения валков и режущего диска, можно получать длину отрезков стекловолокна от 10 до 90 мм. Частицы стекловолокна подхватываются потоком воздуха, нагнетаемого вентилятором 5, и по трубе 6, а затем по резиновому шлангу подаются к пистолету-напылителю. Смола к пистолету-напылителю подается из баков 7 и 8. В один из баков заливают полиэфирную смолу с катализатором, а во второй — смолу с активатором. Смола из баков подается под давлением воздуха, который поступает от компрессора 9 через ресивер 10. В ряде конструкций предусматривается установка в баках перемешивающих лопастей, что позволяет вместе со смолой подавать красящие пигменты.

Конструкция и принцип действия пистолета-напылителя в основном сводятся к следующему. Смола под давлением нагнетается из баков по резиновым шлангам к штуцерам 1 (рис. 164) каждого из двух стволов пистолета, а затем заполняет кольцевое пространство, образованное трубкой 2 и иглой 3. Правый (по чертежу) заостренный конец иглы перекрывает выходное отверстие форсунки 4,

препятствуя тем самым истечению смолы. Иглы каждого из стволов через цанговые устройства 5, втулки 6 и тяги 7 соединены с курком 8 пистолета. Запорные иглы 3 закрывают выходное отверстие форсунки при помощи пружины 9. Сила нажатия пружины регулируется упором 10, имеющим нарезку.

Воздух от компрессора через ресивер поступает по резиновому шлангу к штуцеру 11, закрепленному на рукоятке 12 пистолета. Далее воздух по каналу А через клапан 13 поступает в канал Б и затем в кольцевое пространство между трубкой 2 и наружной трубой 14. Клапан 13 под действием пружины 15 все время прижат к седловине; при этом стержень 16 клапана упирается в курок 8.

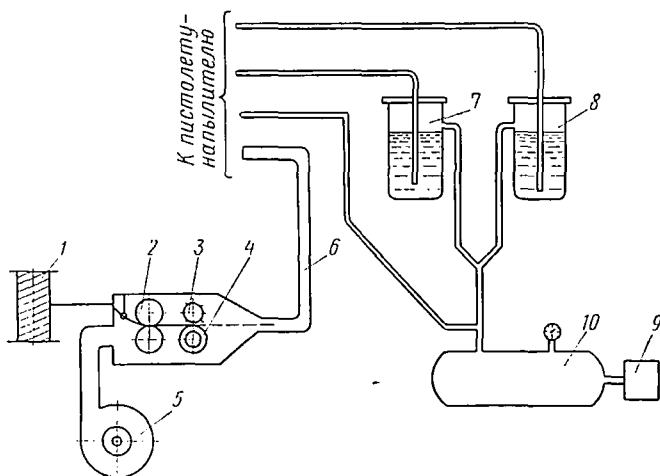


Рис. 163. Установка для напыления

При нажатии на курок игла 3 открывает выходное отверстие форсунки 4, и одновременно стержень 16 открывает проходное отверстие в клапанном устройстве. Воздух, выходя из сопел, окружающих форсунку 4, разбивает струи смолы, распыляя ее. Одновременно со смолой по трубе 17 поступает рубленое стекловолокно.

Стволы пистолета и трубы для подачи стекловолокна устанавливают под некоторым углом один к другому с таким расчетом, чтобы было обеспечено перемешивание двух струй смолы и наполнителя на расстоянии 350—400 мм от поверхности формы. Дальнейшие операции сводятся к укатыванию резиновыми вальками нанесенного слоя и к последующей тепловой обработке. При использовании смол горячего отверждения форма с изделием подается на 20—30 мин в камеру с температурой 343—353° К. Для смолы холодного отверждения выдержка при комнатной температуре колеблется от 40 мин до 2—3 ч.

При массовом формировании изделий с равномерной толщиной стенок и имеющих форму тел вращения со значительной глубиной вытяжки применяют двухстадийное формование: предварительное (методом вихревого напыления) и окончательное (компрессионное).

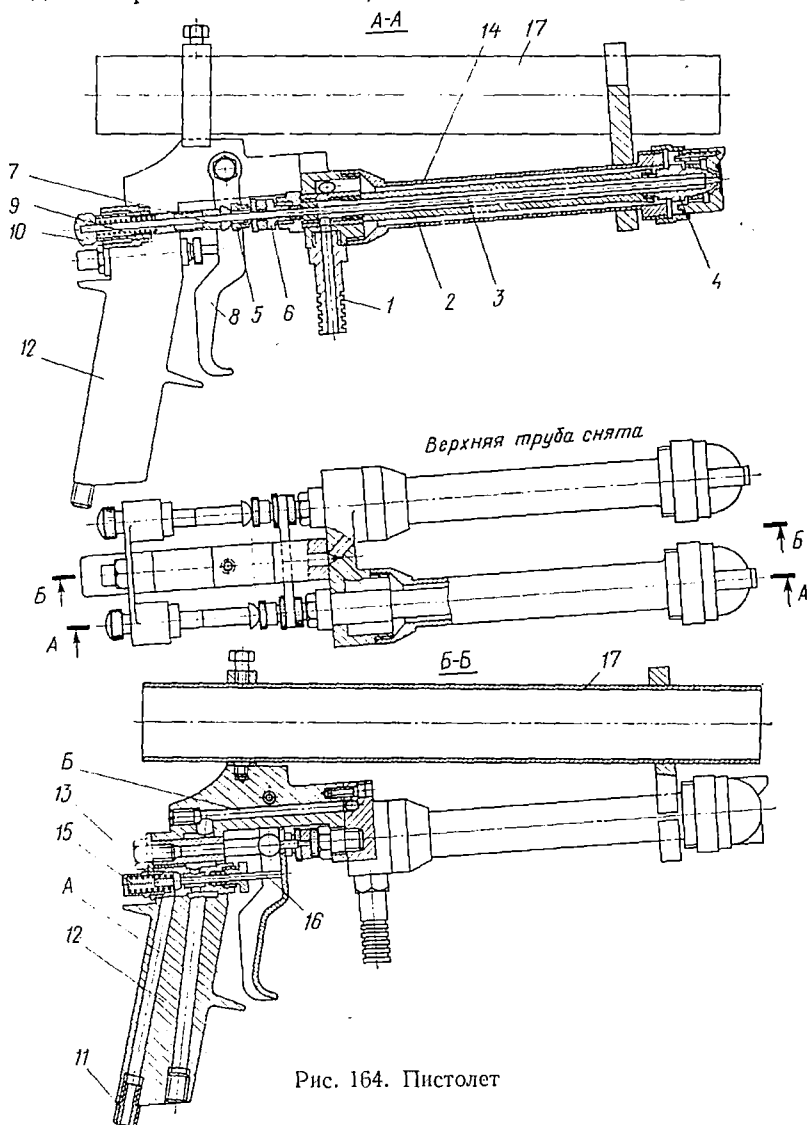


Рис. 164. Пистолет

§ 3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ НЕПРЕРЫВНОГО ФОРМОВАНИЯ

Непрерывное формование изделий из стеклопластиков осуществляется на различных конвейерных установках. В основном

на этих установках изготавливают плоские или волнистые листы. В качестве материала применяют жгутовую ткань, стеклянную сетку из штапельной пряжи, холст из рубленых волокон, холст из волокон воздушного вытягивания; в качестве связующего — полиэфирные и эпоксидные смолы. Готовые изделия состоят по весу из 40% стекловолокнистого наполнителя и 60% смолы.

Для формования стеклопластиков существуют два типа конвейерных установок: с поперечной и с продольной волной.

На рис. 165 приведена схема конвейера для изготовления стеклошифера с поперечной волной. Установка представляет собой формующий агрегат, смонтированный в полимеризационной камере 1. Формующий агрегат — это два непрерывно движущихся конвейера, образованных двумя парами синхронно движущихся цепей 2, на которых закреплены валики 3. Стекловолокнистая ткань (холст) с рулона поступает в пропиточную ванну и во избежание прилипания к валикам облицовывается с двух сторон пленками целлофана, которые подаются с катушек 4. При поступлении в камеру пропитанный наполнитель частично затвердевает, после чего валиками формующего агрегата лента гофрируется. За время процесса гофрирования происходит окончательная полимеризация ленты. По выходе ленты из полимеризационной камеры пленки целлофана отмачиваются и наматываются на катушки 5, а кромки ленты обрезаются дисковыми ножами 6, а лента наматывается в рулоны 7.

Универсальная установка для непрерывного формования листового стеклопластика с продольной волной показана на рис. 166. Принцип действия установки заключается в следующем. Стеклянный жгут с бобины 1 поступает в режущий механизм 2. Измельченное стекловолокно падает на быстровращающиеся диски 3 и центробежной силой разбрасывается в стороны. В нижней части камеры 4 проходит ленточный конвейер 5, на поверхности которого оседают стеклянные волокна. Для обеспечения лучшего осаждения волокна на конвейере и уплотнения слоя осевших волокон из камер 6 эксгаустером отсасывается воздух. При движении конвейера механизм 7 на осевшие отрезки стекловолокна наносит клей. Далее полотно конвейера с образовавшимся на нем стеклянным холстом поступает в зону, где нагревается лампами 8 инфракрасного излучения. Затем холст накладывается на целлофановую ленту 9, поступающую с бобины 10. На целлофановую ленту предварительно наносится связующее из раздатчика 11.

Компоненты связующего (смола, ускоритель, кристаллизатор) сжатым воздухом подаются в промежуточную емкость 12, откуда самотеком поступают в смеситель 13 с электроприводом 14. Готовая смесь перетекает в расходный бачок 15, а оттуда в раздатчик связующего. После укладки стеклянного холста на целлофановую ленту он накрывается второй целлофановой лентой, подаваемой с бобины 16.

Толщина ленты материала регулируется валками 17. Затем лента проходит между валками 18, обеспечивающими выжимание пузырьков воздуха, и ширительными валиками 19, после чего она поступает в устройство для формирования и тепловой обработки. Формование производится при помощи формирующих барабанов 20. Для предупреждения образования складок вначале формируются средние волны, затем крайние. Температура формования 393—413° К. При формировании плоских листов профилированные

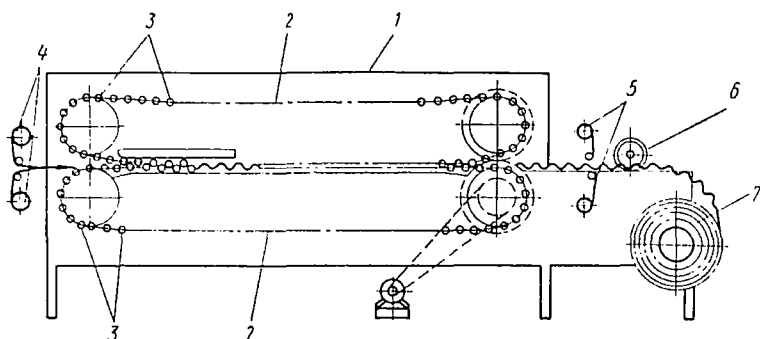


Рис. 165. Схема конвейера для получения стеклошифера с поперечной волной

валки заменяют гладкими. В камере 21 происходит полимеризация ленты, а в душевой камере 22 — ее охлаждение. Протягивание отформованной ленты обеспечивается сдвоенными резиновыми транспортерами 23, приводимыми во вращение от общего с формовочными валками привода. Дисковые ножи 24 предназначены для продольной обрезки кромок листов. Листы разрезаются механизмом 25 и отводятся роликами 26.

Основной частью установки является формовочное устройство. Формующий барабан устройства состоит из вала 1 (рис. 167) и корпусов 2 и 3, к которым крепятся в шарикоподшипниках 4 профильные и гладкие валки 5 и 6. Верхний барабан имеет четыре профильных вала 5 и один гладкий валок 6, а нижний барабан — четыре гладких вала и один профильный. В положении, показанном на рисунке, барабаны установлены для формования гофрированного стеклопластика. Для формования гладких листов нужно повернуть барабан таким образом, чтобы гладкие валки стали один против другого. Все валки имеют различный наружный диаметр. Барабаны поворачиваются изменением положения корпуса 3 с помощью рукоятки 7.

Кинематическая схема более производительной формовочной установки, позволяющей формовать, кроме гофрированного и гладкого листа, изделия корытного и других сечений, имеет формовочное устройство, отличное от ранее рассмотренных. В нем для профилирования стеклопластика вместо формирующих барабанов предусмотрено несколько рядов трубчатых решеток 1

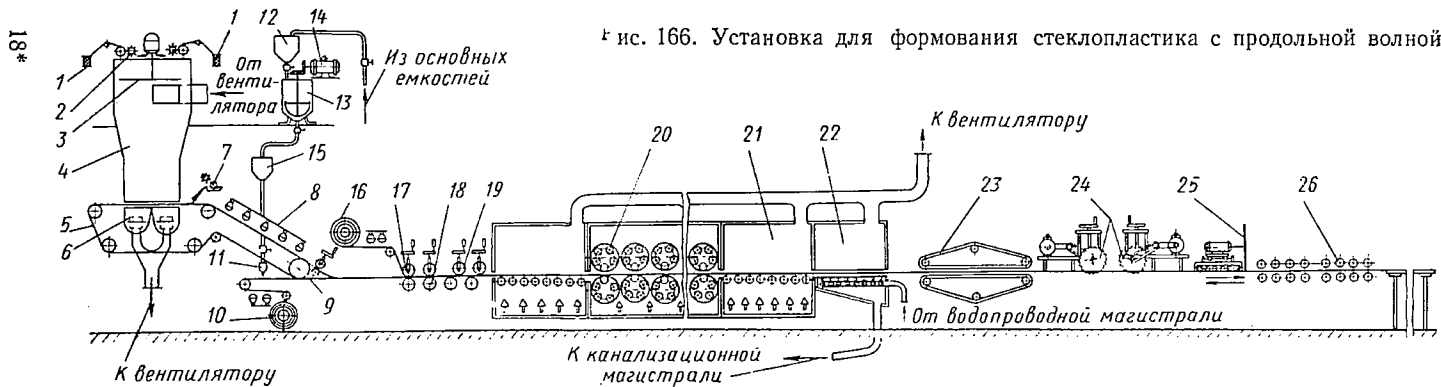


Рис. 166. Установка для формирования стеклопластика с продольной волной

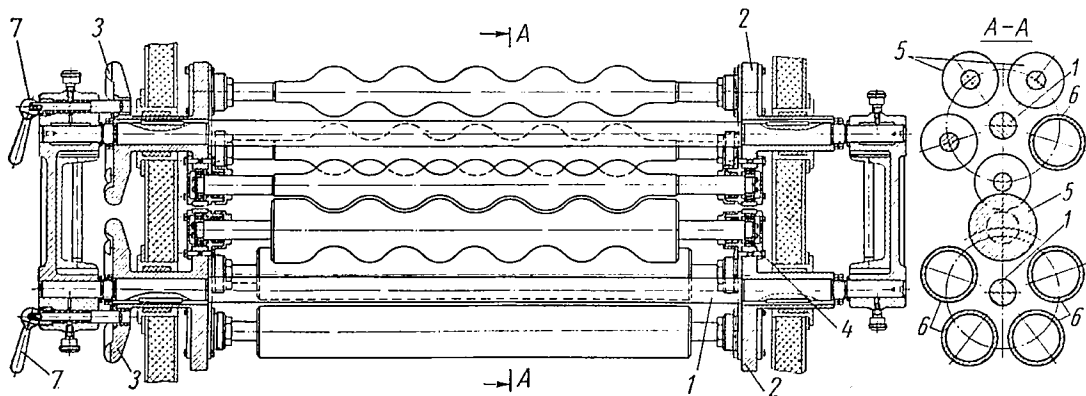
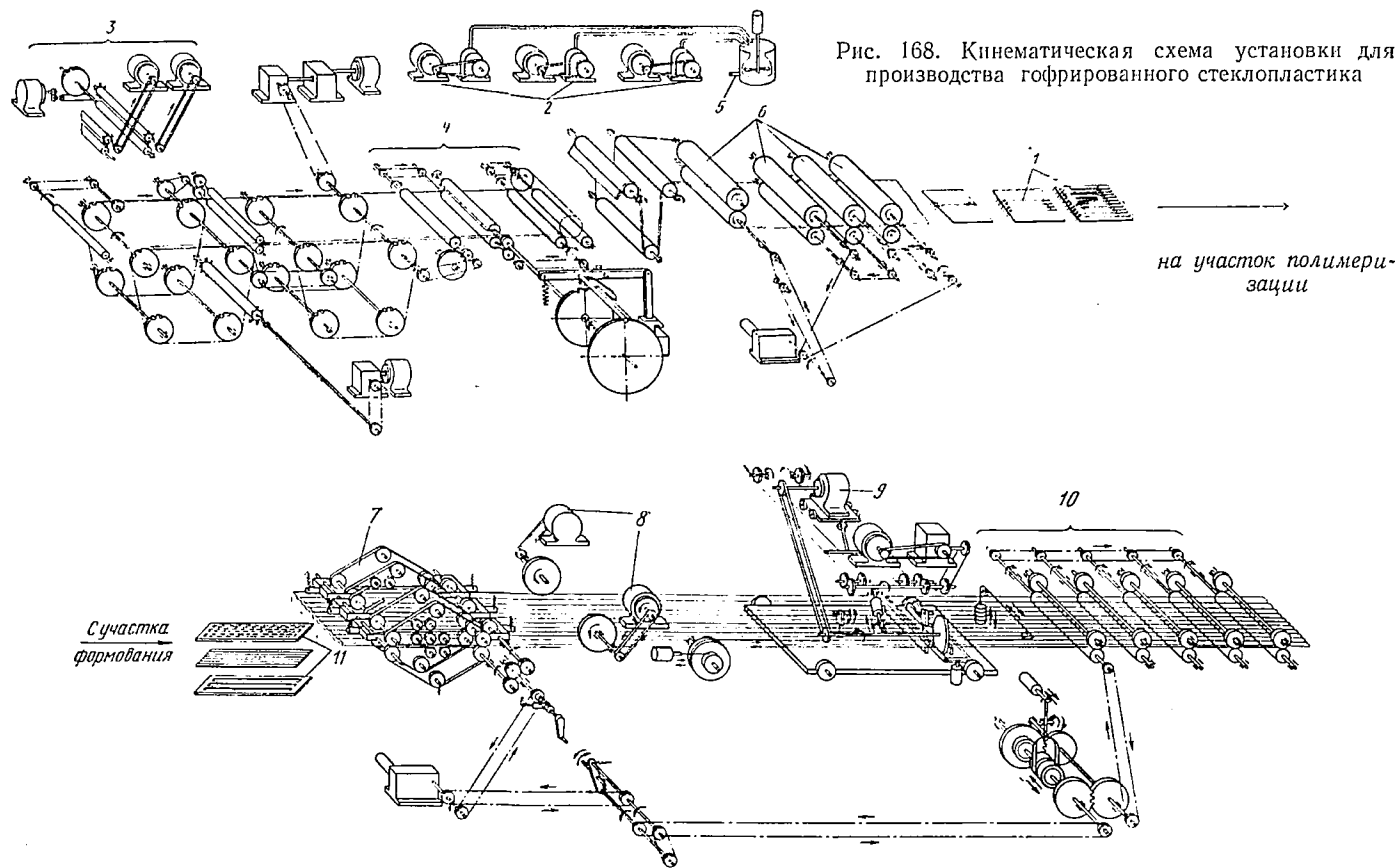


Рис. 167. Формовочное устройство барабанного типа



(рис. 168), установленных последовательно одна за другой. Установка по принципу работы аналогична машине, рассмотренной выше, и имеет следующие основные узлы: участок 2 подготовки компонентов, входящих в состав связующего; механизм 3 резки стекловолокна; конвейер 4 формования стеклохолста; механизм 5 нанесения связующего; механизм 6 калибрования пакета; механизм формования и камера 11 полимеризации; тянущий механизм 7; механизм 8 продольной резки; механизм 9 поперечной резки и отводящий ускоренный рольганг 10.

§ 4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

Процесс производства труб из стеклопластиков состоит из операций насыщения наполнителя связующим, формования, уплотнения и полимеризации. Для формования труб из стеклопластиков в основном применяют центробежный метод и метод обмотки.

Центробежный метод формования труб является периодическим. В качестве армирующего материала, являющегося одновременно и наполнителем, применяют стеклоткань (мат) или ровницу, которые навертывают на оправку с добавкой клеящих веществ.

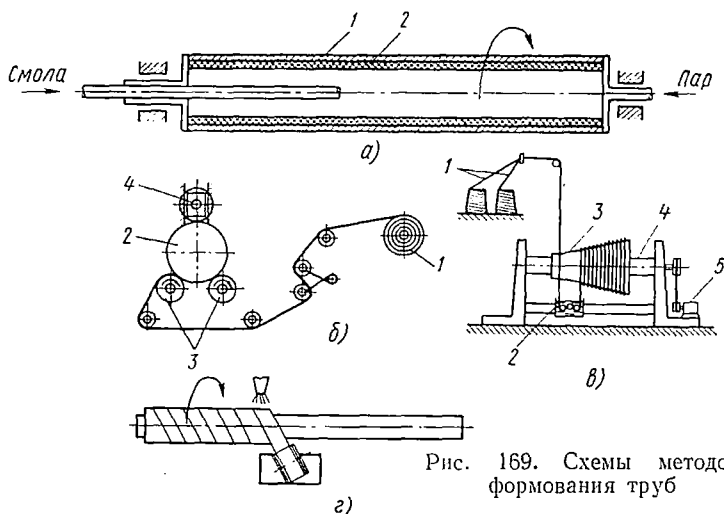


Рис. 169. Схемы методов формования труб

Далее получаемую заготовку снимают с оправки и закладывают в калибровочную трубу 1 (рис. 169, а) с полированной внутренней поверхностью. Калибровочная труба с помещенной в ней заготовкой 2 приводится во вращение с угловой скоростью $250/3$ рад/с; при этом во внутреннюю полость трубы вводится необходимое количество связующего. Под действием центробежных сил заготовка плотно прижимается к внутренней поверхности трубы 1;

при этом происходит расправление, уплотнение, калибрование заготовки, распределение связующего и пропитка заготовки. Для отверждения связующего изделие нагревается паром, подаваемым в рубашку калибрующей трубы, или электропрогревом. Прочность труб, изготовленных центробежным способом, составляет 65% от прочности труб, изготовленных другими методами, однако сравнительная простота способа заставляет в ряде случаев считать его предпочтительным.

Изготовление труб методом обмотки стеклотканями (матами) производится в следующей последовательности (рис. 169, б). Стеклоткань, заранее пропитанная и свернутая в рулоны 1, наматывается на оправку 2, установленную на обогреваемых ведущих валках намоточного станка. Ведущие валки 3 обеспечивают равномерное натяжение пропитанной стеклоткани и привод (за счет сил трения) оправки. Стенки формируемой плиты уплотняются при

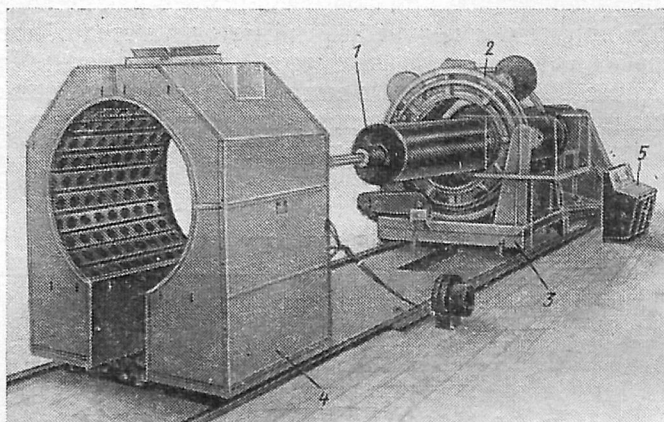


Рис. 170. Установка для формирования труб периодическим методом

помощи прижимного вала 4. Этим способом получают трубы, калиброванные по внутреннему диаметру. Далее труба с оправкой поступает в печь для отверждения смолы.

Изготовление труб методом винтовой обмотки стеклянной ровницы. Жгуты 1 (рис. 169, в) предварительно пропитываются связующим в ванне 2, движущейся вдоль оправки 3. Оправка установлена на валу 4, который приводится во вращение от электродвигателя 5 через ременную передачу. При одновременном вращении оправки и перемещении ванны происходит намотка жгута на оправку по винтовой линии. Изменяя угол подъема винтовой линии, получаем желаемое соотношение прочностных показателей в поперечном и продольном сечении трубы.

Изготовление труб методом винтовой намотки из стеклоленты (рис. 169, г) аналогично рассмотренному выше; однако трубы,

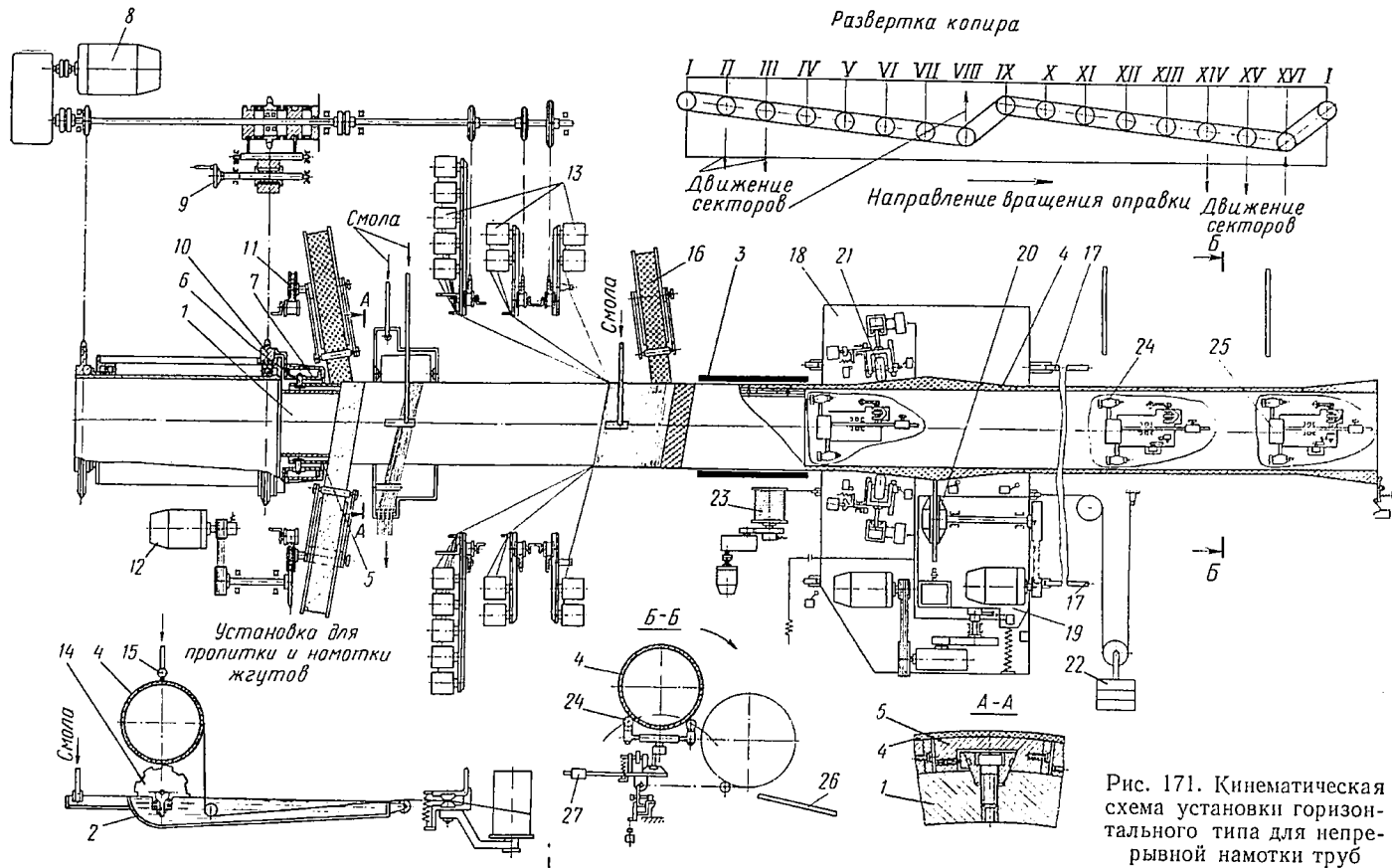


Рис. 171. Кинематическая схема установки горизонтального типа для непрерывной намотки труб

получаемые по этому методу, отличаются высокой газонепроницаемостью.

На рис. 170 показана установка для периодического формования труб диаметром до 1 м методом намотки. Установка имеет оправку 1, намоточное устройство 2, смонтированное на каретке 3, камеру полимеризации 4 т. в. ч. и пульт управления 5. Основным недостатком рассмотренных выше схем изготовления труб является то, что они не обеспечивают непрерывности получения труб. Более совершенными являются установки для непрерывного изготовления труб из стеклопластиков.

Существуют две принципиальные схемы машин непрерывного изготовления труб — горизонтальная и вертикальная.

На рис. 171 показана кинематическая схема установки горизонтального типа для непрерывной намотки труб диаметром до 500 мм из стеклопластиков. Установка имеет оправку 1, три намоточных устройства, пропиточную ванну 2, генератор ТВЧ с электродом 3, механизм обрезки и привод. Принцип действия установки основан на том, что навиваемая труба 4 непрерывно перемещается за счет сил трения между ее внутренней поверхностью и подвижными секторами 5. При вращении оправки секторы получают возвратно-поступательное движение, обкатываясь своими роликами 6 по неподвижным копирам 7. При этом, как видно из схемы развертки копиров, в сторону съема трубы одновременно и постоянно движутся четырнадцать секторов (I—VII и IX—XV), а в обратном направлении только два (VIII и XVI). Оправка получает вращение от электродвигателя 8 через редуктор, вал и цепную передачу. В случае необходимости получения холостого хода установки (оправка вращается, а секторы неподвижны) с помощью штурвала 9 соединяют звездочку 10 копиров с приводным валом, который приводит во вращение копиры с числом оборотов, равным числу оборотов оправки. При этом ролики секторов не обкатываются по копирам и движения секторов не происходит.

Процесс формования трубы начинается с наматывания на оправку бумаги, целлофана и стеклоткани при помощи намоточного устройства (диск 11 с бобинами). Ленты протягиваются между двумя валиками, один из которых приторможен. Для заправки лент валики раздвигаются с помощью эксцентриков. В период образования цилиндрической части трубы диск с бобинами неподвижен, наполнители наматываются только за счет вращения оправки. При необходимости создать на трубе утолщение — наматыванием стеклонаполнителей включается электродвигатель 12, и диск с бобинами начинает вращаться в сторону, противоположную направлению вращения оправки. При остановке двигателя наматывание прекращается и образуется убывающая часть конуса.

Готовый каркас трубы армируют жгутами крестовой и продольной навивки при помощи намоточного устройства 13. Устройство состоит из трех дисков с бобинами; при этом один диск вра-

щается быстрее оправки (правая навивка), второй диск неподвижен (продольная укладка) и третий диск вращается медленнее оправки (левая навивка). Предварительно стеклонаполнители пропитываются в ванне 2 с помощью барабана 14, установленного на подпружиненных опорах, чем обеспечивается его постоянное прижатие к трубе 4. Труба, вращаясь, приводит за счет сил трения во вращение барабан, который, погружаясь в ванну, захватывает смолу и смачивает наполнитель. В этой же ванне предварительно пропитываются и жгуты. Кроме предварительной пропитки наполнителей предусмотрен их дополнительный полив связующим из форсунок 15. Далее намоточным устройством 16 производится наружная облицовка трубы стеклотканью. Полимеризация связующего происходит во время прохождения отформованной трубы между электродами 3 в генераторе ТВЧ. Готовая труба на требуемые размеры режется специальным механизмом. На направляющих 17 механизма резки устанавливается каретка 18, которая перемещается вдоль оси трубы. На ней смонтированы поперечная каретка 19 с отрезным диском 20, приводы вращения и подачи, а также охватывающие ролики 21. Каретка, перемещающаяся вдоль оси трубы, приводится в движение под действием груза 22, а возвращается в исходное положение лебедкой 23.

Команда на начало и конец отрезки подается при нажатии утоленной частью трубы на соответствующие конечные выключатели. Отрезанная труба поступает на две промежуточные опоры, ролики 24 которых установлены на качающейся плите 25 таким образом, что находящаяся на них труба своей тяжестью опрокидывает их и скатывается на приемный лоток 26. Плита в первоначальное положение возвращается под действием контргруза 27.

Трубы высокого качества можно также получить на горизонтальной машине (рис. 172, а) методом циркулярного (кругового) ткачества. Сущность метода заключается в том, что при помощи специальных устройств 1 ткнут цилиндры, которые последовательно насаживают один на другой до получения необходимой толщины стенки трубы.

Устройство для циркулярного ткачества состоит из петлеобразующей вращающейся системы 2 и мотовила 3. Заготовка проходит через предварительное калибрующее устройство 4, вращающееся вокруг продольной оси трубы с определенной скоростью. Для пропитки связующим труба поступает в камеру 5, состоящую из ряда распределителей 6, напыляющих при вращении камеры смолу на наружную поверхность. Внутренняя поверхность трубы пропитывается при помощи центробежного распределительного устройства 7, которое вращается в направлении, противоположном вращению пропиточной камеры. Распределительное устройство 7 соединено с муфтой 9 и емкостью 8, находящейся под давлением. Смола подается автоматически. После пропитки труба 10 проходит через калибровочную фильеру 11, где окончательно формируется ее диаметр (с точностью до 0,1 мм). Далее труба поступает в полимеризационное устройство.

Эта же установка может быть использована для изготовления балок и профилей различной формы как сплошных, так и полых. При изготовлении полых изделий внутренняя поверхность калибруется сердечником определенной формы, расположенным в прессовом фильтре. При изготовлении сплошных профилей центробежное распределительное устройство для пропитки смолой изнутри, введенное в тканый цилиндр, используется как инжектор для набивки (наложения) профиля (рис. 172, б). Главное калибрующее устройство заменяется в этом случае простым очистите-

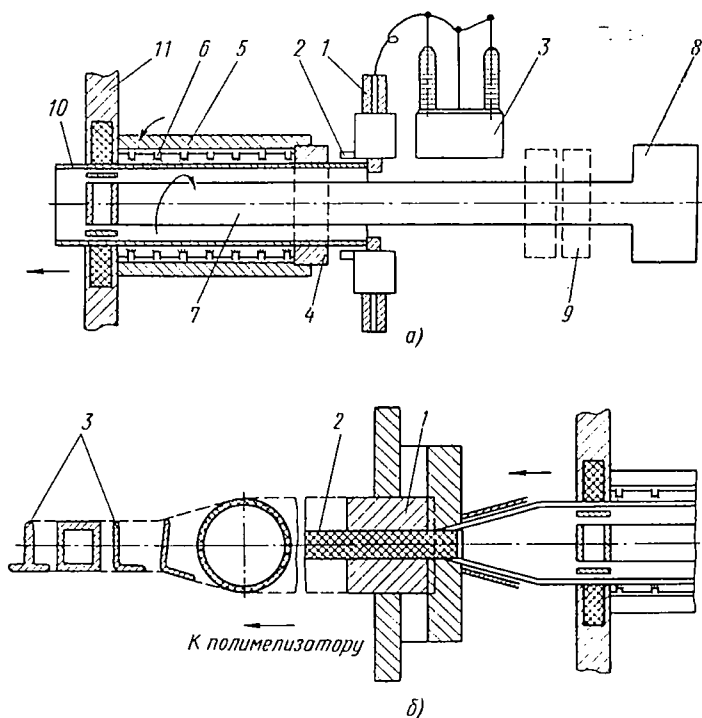


Рис. 172. Циркулярная горизонтальная машина для изготовления труб (а) и профилей (б)

лем смолы. Наполнители нагнетаются перед входным отверстием прессовой фильеры 1, через которое протягивается тканый цилиндр 2, деформируемый по внешнему контуру профиля 3.

На рис. 173 показана установка для производства стеклопластиковых труб с герметизирующим слоем. Стеклохолст, подаваемый с оправки 1, разрезается на ленты механизмом резки 2 и наматывается в рулоны на намоточном станке 3. Далее стеклоленты пропитываются связующим на станке 4 и поступают на формовочную установку. Связующее готовится из компонентов, поступающих из весовых дозаторов 5, 6, 7. Подложка, состоящая из целлофана и бумаги, поступает на формовочную

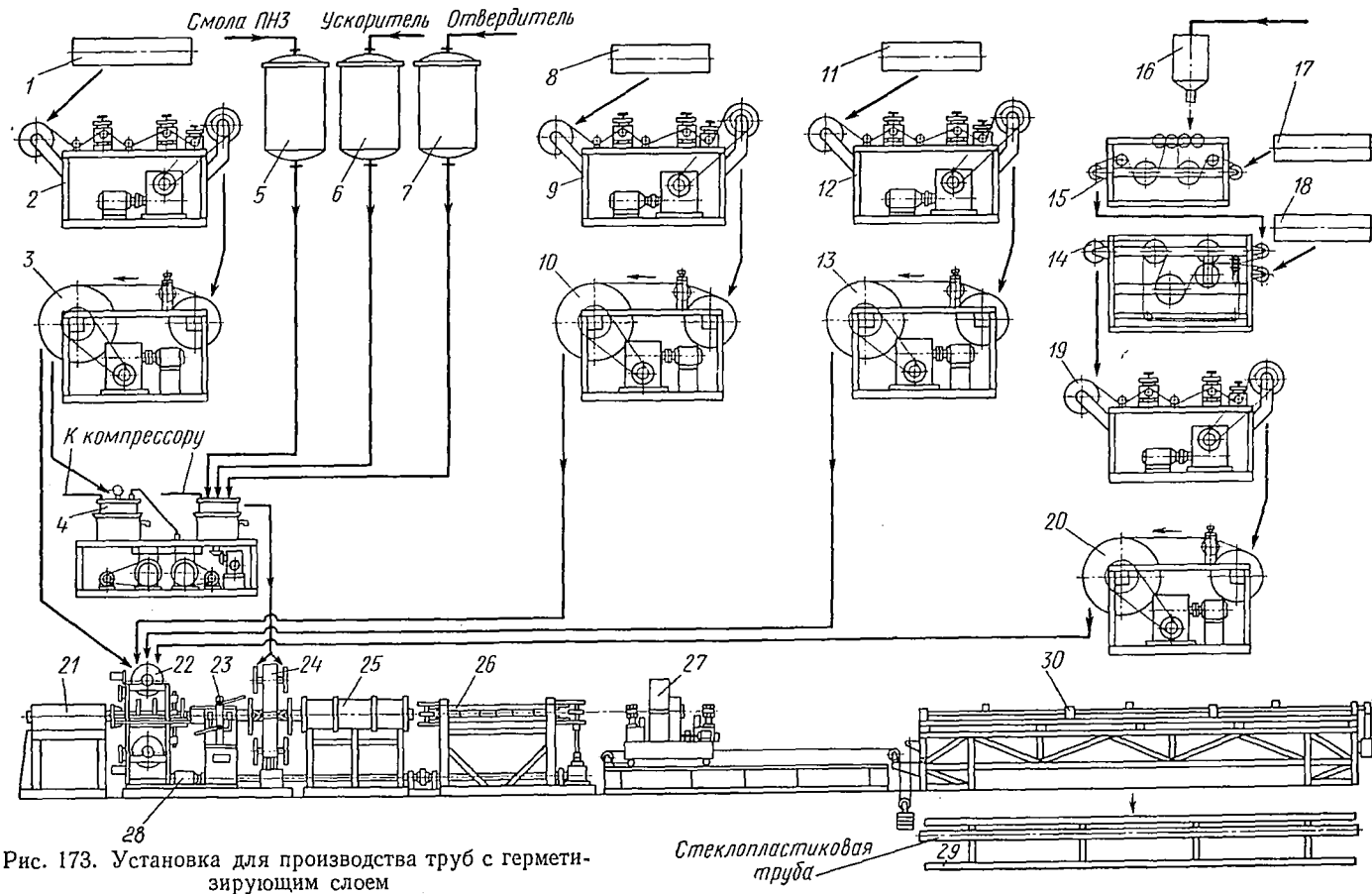


Рис. 173. Установка для производства труб с герметизирующим слоем

установку с оправок 8 и 11, режется на ленты механизмами 9 и 12 и наматывается на бобины на станках 10 и 13.

Герметизирующий слой трубы изготавливается из каширата, сдублированного с полипропиленовой пленкой на станке 14. Каширование производится на установке 15 нанесением расплавленного полипропилена, поступающего в виде гранул из бункера 16 на стеклоткань, подаваемую с оправки 17. Кашират, сдублированный с полипропиленовой пленкой, подаваемой с оправки 18, в рулонах поступает в механизм резки 19 для разрезки на ленты и затем в станок 20 для перемотки лент на бобины, которые устанавливаются на узле формирования герметического рукава формовочной установки.

Принцип действия установки для непрерывного производства стеклопластиковых труб основан на следующем. На поступательно движущийся герметический рукав, сформированный на оправке 21 из двух термопластичных лент в узле формирования 22 и сваренный вдоль оправки в узле сварки 23, наматываются два слоя пропитанных связующим стеклолент. Радиально-крестовая намотка осуществляется механизмом 24 при помощи двух вращающихся

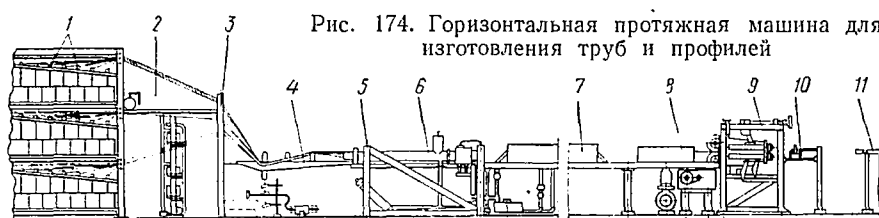


Рис. 174. Горизонтальная протяжная машина для изготовления труб и профилей

в разные стороны дисков с закрепленными на них бобины со стеклолентами. Конструкция бобин обеспечивает постоянное натяжение стеклолент в процессе намотки.

Изделие подвергают термической обработке в электропечи 25. Готовая труба режется на требуемые размеры механизмом 27.

Труба движется поступательно при помощи тянущего механизма 26, представляющего собой два синхронно работающих трака с резиновыми колодками из термостойкой резины, которые прижимаются к трубе и в результате сил трения стягивают ее с оправки. Оправка представляет собой неподвижный гладкий с небольшой конусностью (0,5 мм на 1 м длины) полый вал длиной 6 м. Для лучшего схода трубы с оправки последняя охлаждается водой.

Привод 28 вращения узла радиально-крестовой намотки и тянущего механизма осуществляется от электродвигателя постоянного тока, цилиндрического двухступенчатого редуктора, приводного трансмиссионного вала и цепных передач.

Готовые трубы укладываются на стеллаж 29 рольгангом-сбрасывателем 30, работающим при помощи электромагнита, соединенного с валом рольганга-сбрасывателя системой рычагов.

Автоматическая работа всех механизмов установки обеспечивается системой электрооборудования и автоматики установки.

Трубы и различные профильные изделия для конструкционных целей можно получать на машинах горизонтального типа методом протягивания. Установка работает следующим образом. Жгуты стекловолкна сматываются с бобин 1 (рис. 174), подогреваются в камере 2 до температуры 423°K и собираются в пучок, проходя через отверстия в дисках 3. Затем пучок жгутов в ванне 4 пропитывается смолой, проходит через профилирующее устройство 5 и поступает в формовочный механизм 6. Здесь он освобождается от избыточной смолы и формируется в изделие требуемого профиля. Пучок жгутов распределяется по профилю

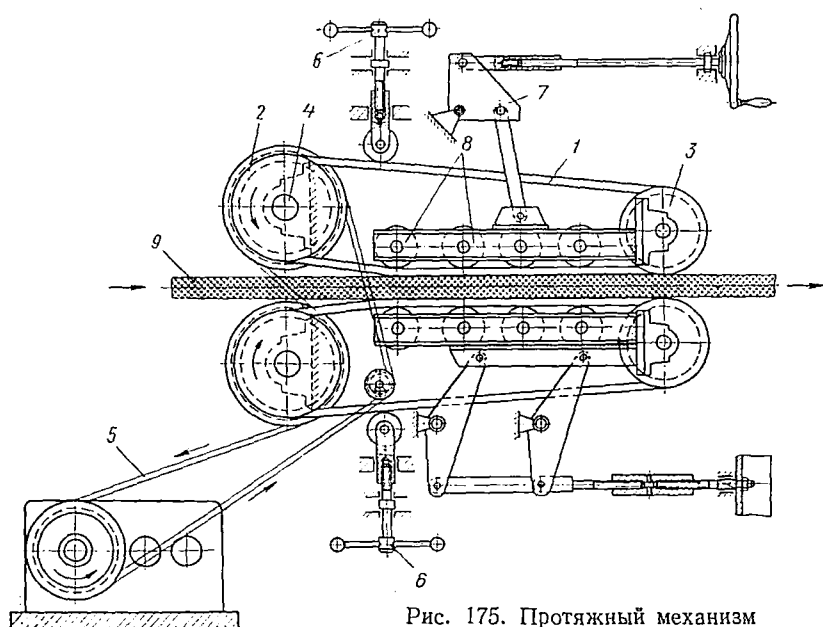


Рис. 175. Протяжный механизм

изделия последовательно установленными направляющими с фильерами. Число жгутов в пучке подбирается в зависимости от размера и профиля изделия. Окончательное калибрование изделия и отжим избытка смолы производится специальным профильным калибром. Изделие полимеризуется в печи 7, охлаждается в камере 8, протягивается механизмом 9, отрезается механизмом резки 10 и поступает на стеллажи 11.

Протяжный механизм представляет собой четыре пары транспортеров, состоящих из клиновых ремней 1 (рис. 175) и шкивов 2 и 3. Ведущие шкивы 2 насажены на трансмиссионный вал 4, вращающийся от электродвигателя через вариатор, редуктор и цепную передачу 5. Натягиваются ремни винтовыми механизмами 6.

Зазор между транспортерами регулируется механизмом 7, сила которого передается на нажимные катки 8. Захватывается и продвигается изделие 9 за счет сил трения между ремнем и изделием.

Машины подобного типа имеют ряд недостатков. Так, при горизонтальном положении тянущего устройства невозможно избежать прогиба изделия большого сечения под действием собственного веса. Вследствие текучести смолы происходит ее неравномерное распределение, т. е. нижние части изделий содержат смолы больше, чем верхние.

Для получения равномерной прочности изделий по всему поперечному сечению профиля применяют машины вертикального типа для формования сверху вниз и снизу вверх. Конструкция и принцип действия таких машин в основном сводятся к следующему. Стальная полированная и хромированная оправка с нанесенным на нее антиадгезионным покрытием при помощи приводных валков передвигается в вертикальном направлении, проходя центральные отверстия ряда столов, смонтированных один над другим. На каждом из столов на трубу наносится очередной слой стеклоленты или стекложгуты.

Непрерывность процесса изготовления труб обеспечивается специальной конструкцией оправок, предусматривающей возможность их соединения на ходу. Разъединяются оправки после разрезки неотвержденной трубы в месте стыка оправок. Для отверждения смолы труба с оправкой помещается в электропечь.

Для установок периодического действия машинное время формования можно определить по следующей формуле:

$$t = \frac{L\delta}{\omega s n}, \quad (256)$$

где L — длина трубы в м; δ — толщина стенки трубы в м; ω — угловая скорость вращения оправки в рад/с; s — подача ленты в м/об оправки; e — толщина ленты в м; n — число одновременно формируемых изделий.

Для установок непрерывного действия машинное время

$$t = \frac{L \cos \alpha}{v}, \quad (257)$$

где α — угол намотки; v — скорость намотки в м/с.

Необходимая длина стеклоленты

$$l = \pi \left(D + \frac{\delta}{2} \right) \frac{L}{d} \cdot \frac{\delta}{d}, \quad (258)$$

где D — диаметр оправки в м; d — средний диаметр стеклонити в м.

Расчетная масса стеклонити, потребной на единицу изделия, составит

$$m = l \frac{\pi d^2}{4} \rho, \quad (259)$$

где ρ — плотность стеклонити в кг/м³.

Глава XIII. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВОПЛАСТИКОВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Древопластики являются сравнительно новым материалом, но уже получили достаточно широкое применение. Основными изделиями, получаемыми из древопластиков, являются древесностружечные плиты, древесноволокнистые плиты и профильные древесностружечные изделия. Плиточный материал формируется из древесной щепы, стружки, опилок или волокна (наполнители) 87—93%, к которым добавляется склеивающее синтетическое связующее (7—13%). В профильных изделиях связующее составляет около 30%.

Плиты из древопластиков имеют весьма ценные технические свойства, обуславливающие их широкое использование в различных отраслях промышленности (особенно в строительстве) в качестве материала высокого класса; производство плит не требует применения полноценной древесины, для их изготовления могут быть использованы всевозможные древесные отходы, а также другие виды растительного сырья. В зависимости от размеров оборудования плиты можно изготавливать шириной до 1,2—1,8 м, длиной до 2—3,6 м и толщиной 5—75 мм. Все это создает значительные перспективы дальнейшего развития этой отрасли промышленности.

§ 2. МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Основным наполнителем в производстве изделий из древесных пластиков является измельченная в стружку древесина. Древесину измельчают двумя основными способами (ударный и резания).

Для ударного измельчения применяют молотковые дробилки и рубильные машины. По виду рабочего органа рубильные машины подразделяются на два основных типа — дисковые и барабанные. Рубильные машины в зависимости от принципа действия могут быть с прерывистой и непрерывной рубкой. Машины с непрерывной рубкой имеют большую производительность и дают более однородную по размерам стружку.

Наибольшее распространение получили дисковые рубильные машины непрерывного резания. Диск 1 (рис. 176) с укрепленными на его торцевой поверхности ножами 2 закреплен на валу 3. На станине 4 установлена загрузочная воронка 5 с наклонным лотком, по которому подается материал. Отрубленные ножами куски древесины проходят через прорези в диске, заключенном в кожух 6, и, попадая в зону действия бил 7, дополнительно измельчаются, а затем выбрасываются вниз на транспортер.

Производительность дисковых рубильных машин

$$V_t = \frac{k \omega S}{\sin \alpha}, \quad (260)$$

где k — коэффициент загрузки машины; в зимних условиях $k = 0,07 \div 0,10$, в летних условиях $k = 0,12 \div 0,15$; $a = 0,010 \div 0,015$ — выпуск ножа над диском в м; z — число ножей на диске машины; ω — угловая скорость дисков в рад/с; α — угол наклона

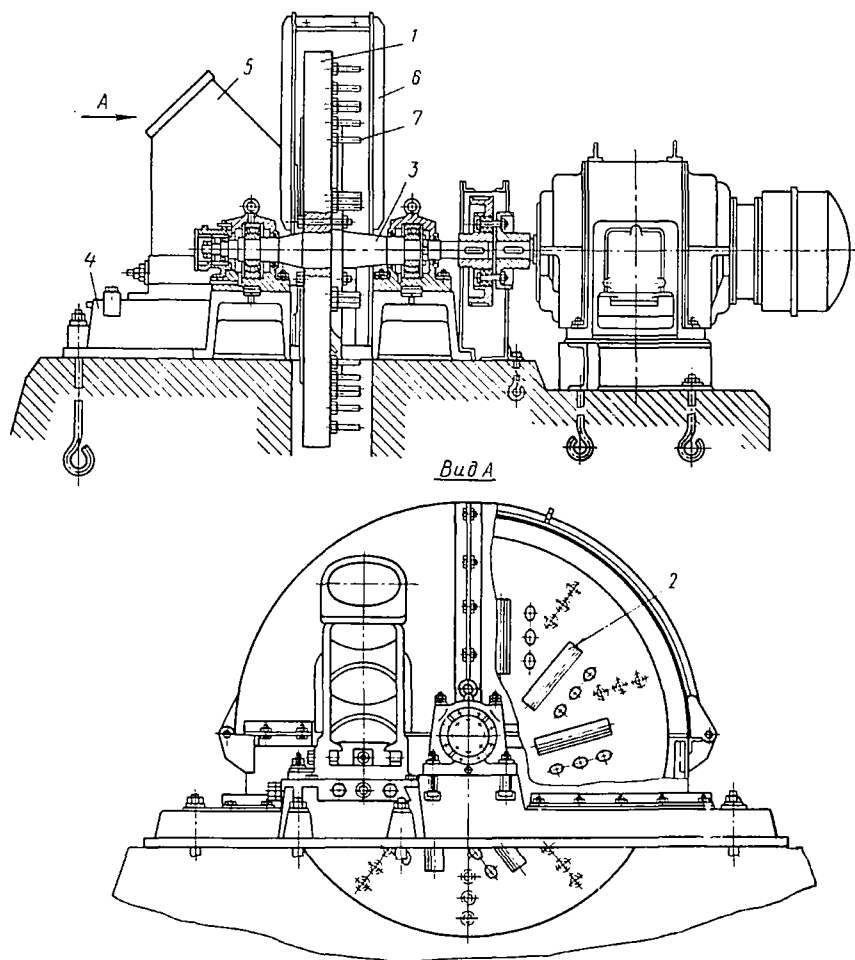


Рис. 176. Дисксовая рубильная машина

питающего лотка в плоскости диска; S — площадь поперечного сечения питающего лотка в м².

Мощность, затрачиваемая на резание, зависит от числа отрубов в секунду:

$$N = \frac{A\omega z}{\eta}, \quad (261)$$

где A — работа резания в Дж.

Ножи диска срезают слой древесины с переменной силой

$$P = \int_{b_1(\varphi)}^{b_2(\varphi)} p \, db, \quad (262)$$

где p — удельная сила резания в Н/м; $b_1(\varphi)$ и $b_2(\varphi)$ — пределы изменения ширины резания в м.

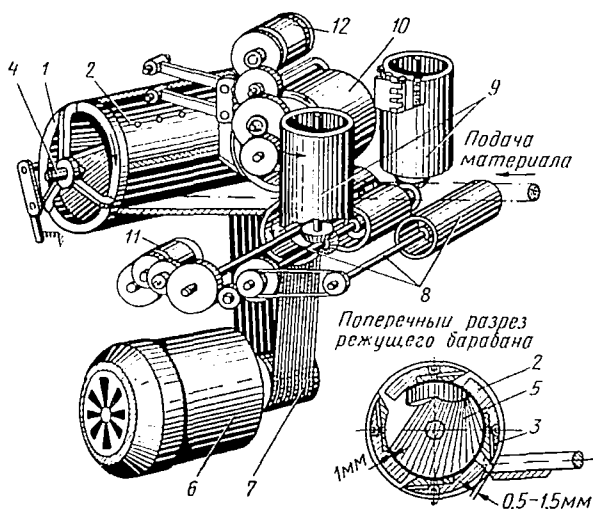


Рис. 177. Барабанная рубильная машина

Работа резания для отдельной шайбы древесины

$$A = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} PR \, d\varphi = p \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} R \, d\varphi \int_{b_1(\varphi)}^{b_2(\varphi)} db, \quad (263)$$

где φ_1 и φ_2 — углы поворота диска, зависящие от радиуса резания R и длины эллипса резания.

После интегрирования получим

$$A = \pi ab = p \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha_1 \cos \alpha_2},$$

где πab — площадь эллипса резания (a и b — радиусы эллипса резания) в м²; d — диаметр древесины в м; α_1 и α_2 — углы наклона питающего лотка к горизонтальной плоскости.

На рис. 177 показана кинематическая схема отечественной рубильной машины барабанного типа, которая состоит из ножевого барабана 1, питающего устройства, вентилятора и точильного устройства. Ножевой барабан имеет четыре сегмента 2 с режущими ножами 3, ось 4 и наклонный лоток 5. Барабан приводится от электродвигателя 6 через клиноременную передачу 7. При рубке древесины щела проходит через внутреннюю полость

барабана и отводится воздушным потоком, образуемым вентилятором. Питающее устройство состоит из нижних 8, боковых 9 и верхнего 10 валков, которые вращаются от электродвигателей 11 и 12.

Производительность машины

$$V_t = k\omega zFl, \quad (264)$$

где $k = 0,5 \div 0,7$ — коэффициент подачи; F — расчетная площадь одного реза в m^2 ; l — длина щепы в м.

Скорость резания

$$v_p = \pi D\omega, \quad (265)$$

где D — диаметр окружности резания в м.

Скорость подачи

$$v_{II} = \pi D_b \omega_b, \quad (266)$$

где D_b и ω_b — диаметр и скорость вращения верхнего подающего валка.

Мощность привода барабана

$$N = \frac{Pv_p}{\eta} = \frac{\rho b_{cp} v_p}{\eta}, \quad (267)$$

где P — средняя окружная сила в Н; ρ — удельная сила резания в Н/м; b_{cp} — средняя условная ширина резания;

$$b_{cp} = \frac{F}{L};$$

$F = \frac{BHk}{\sin \varphi \sin \beta}$ — площадь резания; B и H — ширина приемного окна и толщина слоев отходов в обжатом состоянии в м; k — коэффициент полндревности слоя кусковых отходов древесины; β и φ — углы встречи и наклона между направлением волокон и осью вращения ножевого барабана; $L = 2\pi R \frac{\Phi}{360}$ — расстояние между режущими ножами в м; R — радиус окружности резания; Φ — угол между двумя радиусами окружности резания.

Машины для измельчения резанием. Резание обеспечивает получение древесных частиц заданной постоянной толщины. Древесину измельчают на различных стружечных станках. По конструкции ножедержателей стружечные станки подразделяются на следующие основные типы: дисковые, в которых ножи расположены на торцевой поверхности вращающегося диска; барабанные, в которых ножи закреплены на поверхности вращающегося цилиндра; чашеобразные — с расположением ножей по внутренней поверхности вращающейся чаши; фрезерные — с расположением ножей по наружной поверхности вращающейся ножевой головки; роторные, у которых ножи расположены по внутренней поверхности ротора.

По устройству механизма подачи древесины к режущим ножам стружечные станки подразделяются на станки с механической и гидравлической подачей.

Наиболее совершенными стружечными станками являются станки роторного типа. Корпус 1 (рис. 178) станка имеет открывающуюся переднюю стенку 2, на которой смонтирована загрузочная воронка 3. В корпусе на полом валу 4 закреплен диск 5 с кольцом 6, по окружности которого установлены ножи 7, обращенные лезвиями внутрь кольца. Внутри полого вала 4 проходит вал 8, на одном конце которого установлен шкив 9, а на втором —

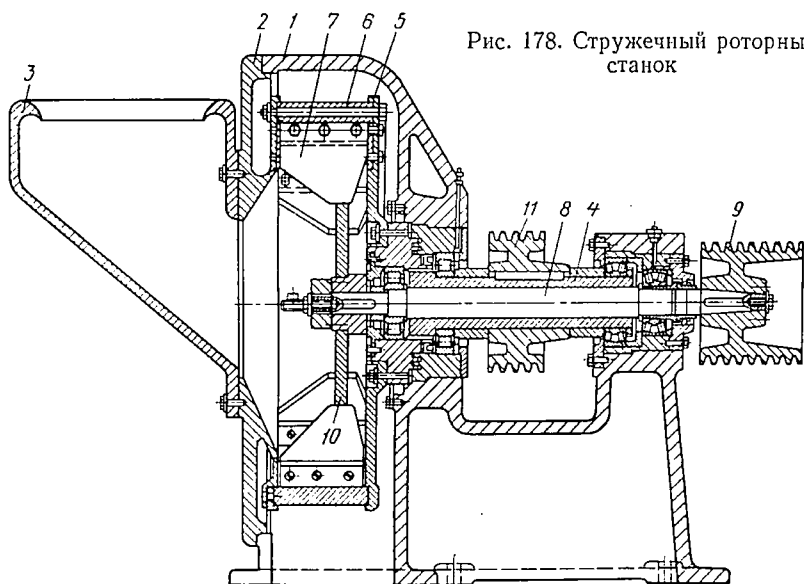


Рис. 178. Стружечный роторный станок

крыльчатка 10. Полый вал приводится от электродвигателя через шкив 11. Кольцо 6 вращается в направлении, обратном направлению вращения крыльчатки. Древесина поступает в станок через загрузочную воронку и отбрасывается в зону действия ножей крыльчаткой 10. Срезанная при этом стружка проходит через щели, имеющиеся в кольце 6, и удаляется пневмотранспортером. Толщина стружки регулируется величиной выдвижения ножей из кольца.

Машины для размола древесины. В производстве древесноволокнистых плит для размола древесины применяют дисковые мельницы — дефибраторы и рафинаторы.

Дефибратор (рис. 179), применяемый для предварительного размола и пропарки щепы, состоит из подающего устройства подогревательных и пропарочных камер, размольной камеры и выпускного устройства.

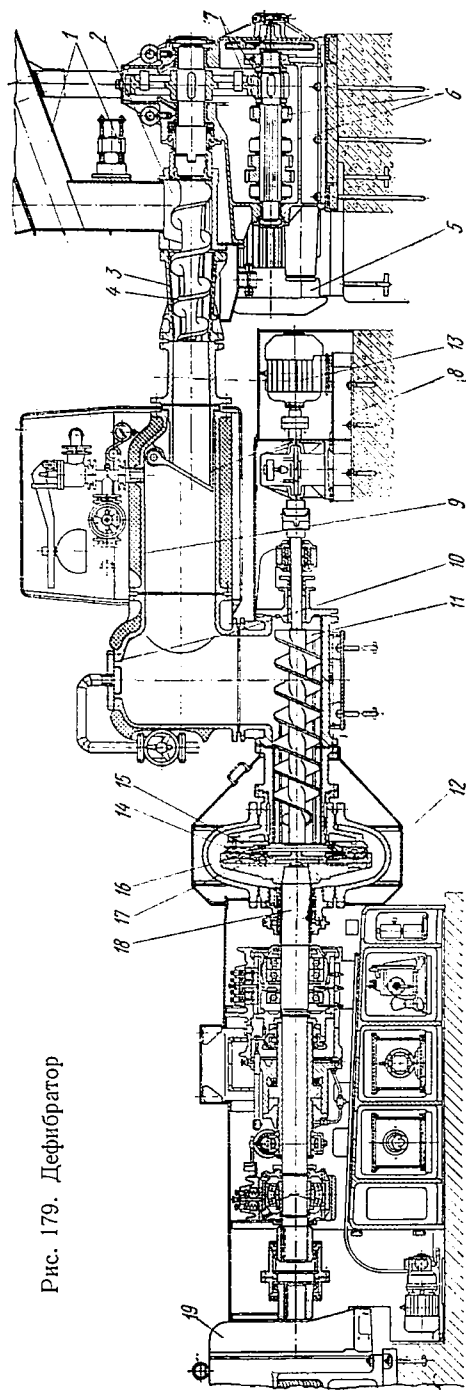


Рис. 179. Дефибратор

Щепа подается в мельницу электромагнитным питателем 1, который направляет ее в камеру подающего устройства 2. Червячное подающее устройство представляет собой конический корпус 3, в котором расположен червяк 4. Для предотвращения проворачивания щепы вместе с червяком внутренняя поверхность корпуса имеет продольные пазы. Конический червяк приводится от электродвигателя 5 через редуктор 6 и зубчатую передачу 7. В процессе работы червяк продвигается и одновременно уплотняет щепу, что приводит к образованию своеобразной пробки, которая вместе с клапаном 8, отжимаемым рычагом с грузом, препятствует пробиванию пара в приемную часть дефибратора. Клапан размещается в горизонтальной подогревательной камере 9. Из горизонтальной камеры щепа проталкивается в вертикальную подогревательную камеру 10.

В подогревательной камере щепа обрабатывается паром под давлением 0,8—1 МН/м².

Под действием пара пробка из щепы разбухает, распадается на отдельные частицы, которые нагреваются до 440—460° К. В результате тепловой обработки частиц щепы ослабевают связи между волокнами древесины, что существенно облегчает процесс размола и снимает расход энергии, затрачиваемой на измельчение. В ниж-

ней части вертикальной подогревательной камеры 10 размещен червяк 11, который подает щепу в размольную камеру 12. Червяк приводится в движение от электродвигателя 13 через редуктор. В литом составном металлическом корпусе размольной камеры 12 установлены два размольных диска.

Размольный диск 14 крепят болтами к тарелке 15, присоединенной на болтах к корпусу камеры. Таким образом, в процессе размола этот диск неподвижен. Второй диск 16 крепят к массивному ротору 17, насаженному на вал 18, который приводится в движение от электродвигателя 19. Щепа размалывается между неподвижными и вращающимися размольными дисками. Вал 18 дефибратора может передвигаться в осевом направлении вместе с ротором 17 и закрепленным на нем размольным диском, что позволяет регулировать зазор между размольными дисками, а следовательно, тонкость помола щепы.

Рабочие поверхности размольных дисков имеют рифли, направленные от центра к периферии под углом $\frac{\pi}{60}$ рад по отношению к радиусу диска. Ширина и глубина впадин между рифлями изменяются по направлению от центра диска к его периферии. Первая от центра зона имеет широкие бороздки, во второй зоне бороздки более мелкие. Щепа, поступающая в центральную часть размольной камеры, отбрасывается трехлопастной лопастью в размольные зоны дисков. Под действием центробежной силы частицы щепы перемещаются от центра к периферии дисков. В первой зоне дисков щепа измельчается предварительно, а во второй — окончательно.

Выпускное устройство предназначено для выпуска волокнистой массы; кроме того, оно служит затвором против выбивания пара из мельницы.

Измельченная волокнистая масса из размольной камеры поступает в шлюзовую камеру, откуда через соответствующие клапаны под давлением пара выносятся в циклон, где насыщается с таким расчетом, чтобы содержание волокон в массе не превышало 1,5—2%.

Рафинаторы предназначаются для окончательного домола массы и отличаются от дефибраторов конструктивным оформлением размольной камеры. Кроме того, в них отсутствует подогревательная камера.

Удельное давление на поверхности размола [27]

$$p = \frac{P}{F}, \quad (268)$$

где P — нормальная сила, действующая на площадь размола, в Н;

$$P = P_1 + (p_2 - p_1) \frac{\pi}{4} (D_2^2 - d^2) - (p_2 - p_d) \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) \pm T;$$

P_1 — сила прижима диска ротора присадочным механизмом в Н;

T — сумма сил трения, возникающих в направляющих подшипниках и сальниках в Н; p_2 и p_1 — давление на входе и за диском в Н/м²; D_2 и D_1 — наружный и внутренний диаметры диска в м; d — диаметр вала в м; p_d — давление в ячейках дисков в Н/м²; $F = \frac{F_p F_c}{F_d}$ — площадь размола в м²; F_p и F_c — площадь всех ножей ротора и статора; F_d — общая площадь диска.

Подставив значение площадей, получим

$$F = \frac{z_p z_c \delta_p \delta_c}{\pi \cos \alpha_p \cos \alpha_c} \cdot \frac{D_2 - D_1}{D_2 + D_1}, \quad (269)$$

где z_p и z_c — число ножей ротора и статора; α_p и α_c — углы наклона ножей ротора и статора; δ_p и δ_c — действительная площадь ножей ротора и статора, покрытая волокнами.

Мощность дисковой мельницы

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \quad (270)$$

где N_1 — мощность, затраченная на размол массы, в Вт;

$$N_1 = k p v F; \quad (271)$$

$k = 0,117$ — коэффициент размола; v — окружная скорость ротора в м/с; N_2 — мощность, затраченная на перемещение массы, в Вт;

$$N_2 = \rho V_t H; \quad (272)$$

ρ — плотность массы в кг/м³; $V_t = \frac{V}{t}$ — объемная подача в м³/с; V — внутренний объем ячеек ротора и статора в м³; t — время пребывания массы в зоне размола в с; H — напор в Н/м²;

$$H = \kappa_1 \frac{v_2^2}{g} - \kappa_2 \frac{v_1^2}{2g} - \kappa_3 V_t^2;$$

κ_1 — коэффициент, учитывающий влияние конечного числа ножей; $\kappa_1 = \frac{1}{1+p}$; $\kappa_2 = 0,6 \div 1$ — коэффициент, учитывающий

действительные траектории отдельных струй; $\kappa_3 = \frac{\sum \xi + \xi_1 \frac{l}{4R}}{2gS^2}$ —

коэффициент; $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений; ξ_1 — коэффициент сопротивления на длине; R — гидравлический радиус ротора в м; l — длина ротора в м; S — площадь сечения ротора в м²; N_3 — мощность, необходимая для преодоления дисковых сопротивлений, определяемых на основе закона

Ньютона, согласно которому касательные напряжения трения

$$\tau = \mu \rho \frac{v^2}{2g}; \quad (273)$$

$\mu = 0,005 \div 0,015$ — коэффициент вязкости массы; v — окружная скорость в м/с;

$$N_3 = \int_0^r \omega \tau \cdot 2\pi r dr = \mu \rho \omega^3 r^5, \quad (274)$$

ω — угловая скорость вращения ротора в рад/с; r — радиус ротора в м; N_4 — мощность, необходимая для преодоления потерь в подшипниках и сальниках, в Вт.

§ 3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Древесностружечные плиты формируются периодическим и непрерывным способами. Плиты, изготавливаемые периодическим способом, бывают однослойные и многослойные. Схема производства трехслойных древесностружечных плит периодическим способом показана на рис. 180. Древесные отходы поступают к шестипильному 1 и рубильному 2 станкам, откуда цепным и ленточным транспортерами 3, 4 и 5 подаются к стружечным станкам 6, а затем через циклоны 7 и бункера 8 в молотковые дробилки 9 для измельчения.

Измельченная стружка сушится в барабанной сушилке 10, обогреваемой газом и снабженной устройством для удаления пыли. Просушенная стружка через бункер 11 поступает в смесительные барабаны 12, где смешивается со связующим. Стружка подается пневмотранспортерами 13 и ленточными транспортерами 14. При помощи формирующих машин 15 просмоленная стружка равномерным слоем (нижний, средний, верхний) определенной толщины распределяется на поверхности металлических подкладочных листов, перемещающихся главным конвейером 16.

Прессование ведется в две ступени: сначала на одноэтажном гидравлическом прессе 17 (предварительное прессование) при удельном давлении $0,9 \text{ МН/м}^2$, затем на многоэтажном прессе 18 при удельном давлении $2,5\text{—}5,0 \text{ МН/м}^2$ и температуре $410\text{—}450^\circ \text{ К}$. Загрузка производится автоматически загрузочной этажеркой 19. Готовые плиты, выгруженные автоматической этажеркой 20, отделяют от металлических листов при помощи распределительного устройства 21. Освобожденные металлические листы, проходя камеру охлаждения 22 и дождевальную установку 23, возвращаются снова к месту нанесения на них слоя просмоленной стружки. Затем плиты направляются на автоматический обрезной станок 24 для обрезки кромок. Далее они поступают к штабелюкладчику 25 и на отделочные операции к шлифовально-полировальным станкам 26.

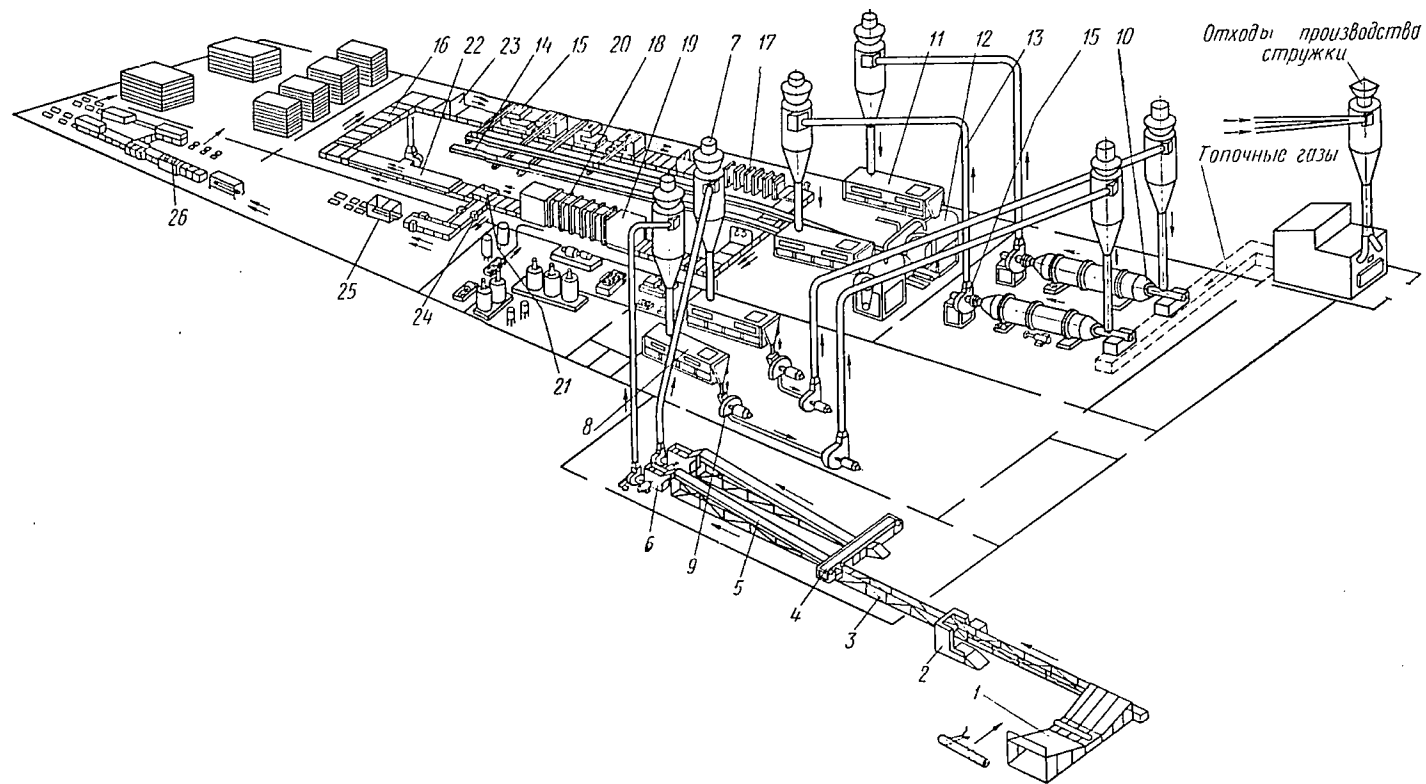


Рис. 180. Схема производства плит из древесных пластинок периодическим способом

На рис. 181 показана формующая машина, состоящая из дозатора, питателя и распределительного устройства 1 подачи стружки. В дозаторе размещены транспортеры: большой 2 и малый 3, перекрываемый щитком 4. Масса из ковша весов 5 периодически высыпается на цепно-ленточный питатель 6, где валик 7 формирует слой стружки равномерной толщины. Стружечная масса сбрасывается валиком 8 в течку 9, где установлены гребенчатые рассекатели 10, которые распределяют поток стружки по всей ширине течки.

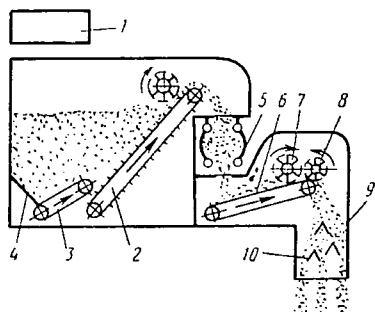


Рис. 181. Формующая машина

Производство многослойных плит отличается от данной схемы тем, что стружка для наружных и внутреннего слоя подается на формование отдельными потоками. Специальные машины непрерывного действия можно подразделить на формующие машины ленточного или гусеничного типа и машины непрерывного выдавливания плунжерного типа (экструдеры). Машины непрерывного выдавливания, в свою очередь, подразделяются на вертикальные и горизонтальные.

На рис. 182 показана ленточная формующая машина для производства древесностружечных плит непрерывным методом. Ма-

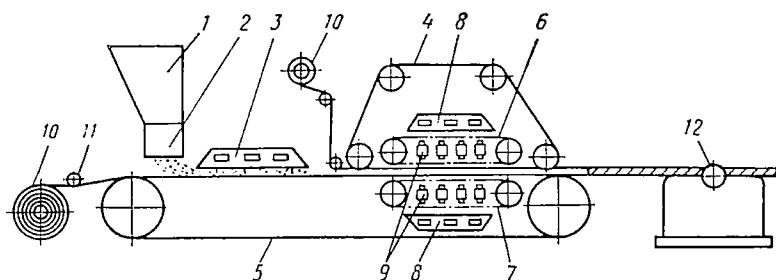


Рис. 182. Ленточная формующая машина

шина состоит из питающего устройства, высокочастотного нагревательного устройства, ленточного пресса и автоматического отрезного станка. Питающее устройство имеет автоматически загружающую воронку 1, оборудованную приспособлением «электронный глаз», регулирующим равномерность выхода стружки, и вибрирующий питатель 2, расположенный в нижней части воронки. Нагревательное сушильное устройство представляет собой высокочастотную нагревательную печь 3. Ленточный пресс состоит из верхней 4 и нижней 5 стальных лент. Нижняя и верхняя ленты опираются на пластинчатые транспортеры 6 и 7. Пластинчатые

транспортёры выполняют три функции: приводят в движение стальные ленты; обеспечивают через стальные ленты дополнительный прогрев древесного материала и полимеризацию смолы; уплотняют массу при ее прохождении через ленточный пресс. Оба пластинчатых транспортёра нагреваются до температуры 413° К специальной установкой 8 с газовыми горелками. Прессование производится под действием гидроцилиндров 9, установленных по обе стороны ленточного пресса.

Каждая стальная лента огибает четыре цилиндрических барабана: два на входе стружки и два на выходе плиты. Натяжение лент регулируется автоматически, что обеспечивает их точное параллельное движение, являющееся основным условием выработки высококачественной продукции. Привод пластинчатого транспортёра состоит из электродвигателя, редуктора червячного типа и зубчатой передачи. В машине имеются верхнее и нижнее размоточные устройства 10 для установки рулонов бумаги. Бумагой облицовывают одну или обе поверхности плит, на которые предварительно при помощи валика 11 наносится клей. В конце машины установлен отрезной станок 12, на котором обрезаются боковые кромки и разрезается на требуемую длину плотно плиты.

Принцип действия ленточной формующей машины заключается в том, что смоченная смолой стружка предварительно прогревается и просушивается, затем поступает в прессовую часть, где формируется в виде непрерывной ленты требуемой толщины и плотности. Ленточные горизонтальные машины имеют тот недостаток, что мелкие частицы в результате вибрации оседают на нижней стороне плиты и изделия получаются плохого качества. Вертикальные машины непрерывного выдавливания не имеют этого недостатка, вследствие чего плиты получаются равномерной структуры, предотвращающей их коробление.

Вертикальный пресс непрерывного выдавливания состоит из станины 1 (рис. 183), формующих плит 2, механизма питания, набора пуансонов 3 для прессования различных по толщине плит и привода. Механизм прессования представляет собой подвижную траверсу 4 с пуансоном 3, которая приводится в возвратно-поступательное движение от электродвигателя 5 (рис. 184) через вариатор 6, ременную передачу 7 и кривошипно-шатунный механизм 8.

Процесс формования в прессе непрерывного выдавливания происходит в следующем порядке. Древеснопластичная масса поступает в питательный бункер 9 (см. рис. 183), в котором смонтированы один под другим две пары валов, проходящие по всей длине бункера. Верхняя пара валов 10 предназначена для разрыхления массы и предотвращения зависания в бункере стружки. Рыхлители приводятся от электродвигателя 11 (рис. 184) через редуктор 12 и цепную передачу 13. Нижняя пара валов-питателей 14 (см. рис. 183) имеет прорези для захвата массы и подачи

ее в пресс. Валы-питатели приводятся от зубчатой рейки 15 (рис. 184).

Из механизма питания масса по направляющим желобам 16 (см. рис. 183) поступает в камеру прессования, образованную формующими плитами 2. В плитах имеются каналы для циркуляции теплоносителя. Проталкиваемая пуансоном новая порция материала нажимает на ранее попавшую туда массу и выдавливает

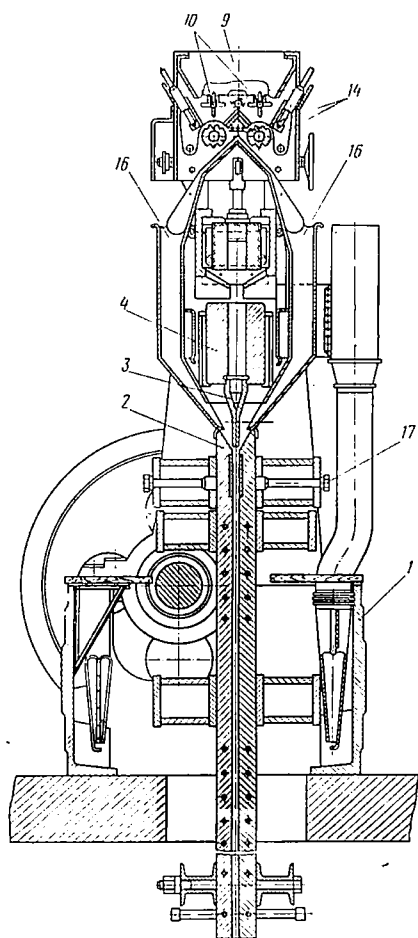


Рис. 183. Вертикальный пресс

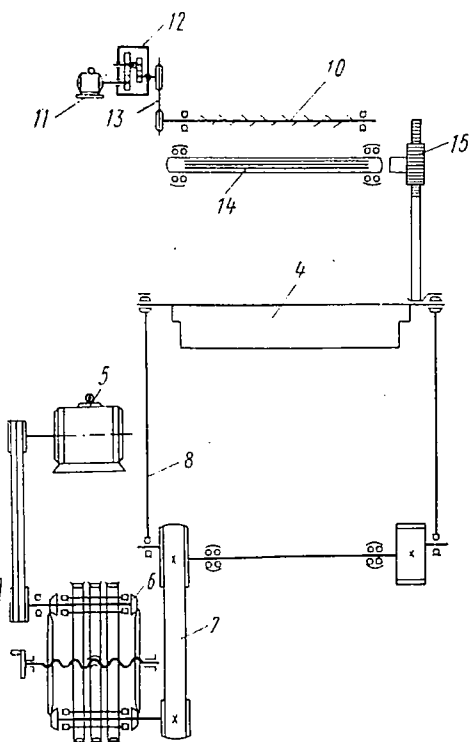


Рис. 184. Кинематическая схема вертикального пресса

ее из камеры прессования. Вследствие обогрева прессовочной камеры связывающее отверждается. Формующие плиты соединены между собой стяжками 17, позволяющими регулировать зазор между ними. Непрерывно выходящая лента древесностружечных плит режется в размер механизмом поперечной резки.

Основной недостаток машины заключается в том, что стружка укладывается перпендикулярно плоскости плиты, вследствие чего плиты имеют низкую прочность на изгиб. Этот недостаток можно

устранить, если заставить стружку ложиться ориентированно вдоль плоскости плиты. С этой целью спроектирована установка для получения из древесных пластиков профильных длинномерных изделий. Установка (рис. 185) состоит из следующих основных частей: станины 1, гидроцилиндра прессования 2, гидроцилиндра подпрессовки 3, вибробункера 4, первой 5, второй 6 и третьей 7 зон полимеризационной камеры, регулируемой пусковой заглушки 8, контрольно-измерительного щита 9 и гидропривода с гидросистемой. На штоке поршня гидроцилиндра прессования 2 закреплена головка 10 прессового пуансона 11. Гидроцилиндр 3 подпрессовки установлен вертикально и закреплен на колоннах 12. На штоке поршня смонтирована головка 13 пуансона 14.

Полимеризационная камера имеет три конструктивно аналогичные зоны: нижняя формирующая плита 15, верхняя формирующая плита 16 и опорная плита 17. Над верхней формирующей плитой расположены трубчатые электронагреватели 18. В специальных пазах опорной плиты 17 смонтированы трубчатые электронагреватели 19 для нижней формирующей плиты. Наружная поверхность полимеризационной камеры изолирована теплозащитными кожухами для снижения потерь тепла в окружающую среду. Верхняя и нижняя формирующие плиты образуют рабочий калибрующий канал, выполненный по размерам и профилю изготавливаемого изделия. Вибробункер 4 смонтирован в боковом окне. В местах присоединения бункера имеются резиновые прокладки-амортизаторы. На вибробункере закреплен электромагнитный вибратор 20.

Регулируемая пусковая заглушка 8 служит для создания в начале процесса прессования противодавления с целью получения необходимой начальной плотности полимеризуемой массы. Пусковая заглушка состоит из профильного сухаря 21, соединенного болтами с планкой 22, и пружины 23. Сухарь вставлен в рабочий канал и прижат пружиной. По достижении требуемой плотности массы начинается выдавливание сухаря. При этом пружина сжимается и заглушка снимается. На контрольно-измерительном щите установлены приборы, показывающие давление масла в цилиндрах подпрессовки и прессования, а также температуру в зоне полимеризации. Величина хода пуансона обоих гидроцилиндров ограничивается конечными выключателями 24 и 25.

Работа установок происходит следующим образом. Предварительно подготовленная смесь из стружки и связывающего подается в бункер 4. Под действием вибрации и собственного веса масса из бункера поступает в камеру подпрессовки, заполняя ее. Пусковой кнопкой включается в работу вертикальный гидроцилиндр. Плунжер 14, опускаясь, уплотняет массу, объем которой при этом уменьшается в 4—6 раз. При достижении пуансоном крайнего нижнего положения автоматически включается в работу гидроцилиндр прессования. Пуансон 11, перемещаясь в сторону

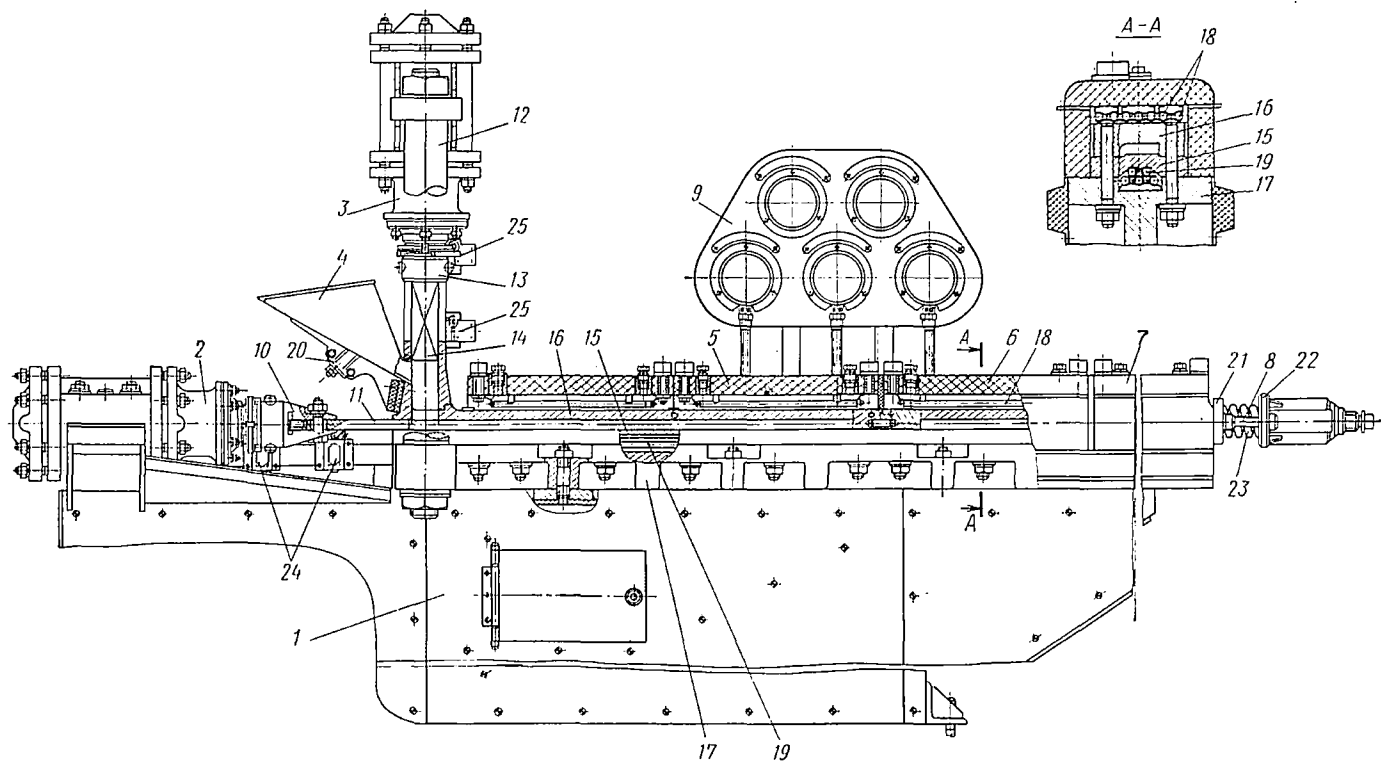


Рис. 185. Установка для получения профильных погонажных изделий

полимеризационных камер, проталкивает подпрессованную порцию массы в рабочий канал. При этом вертикальный пуансон остается в крайнем нижнем положении до тех пор, пока не закончится проталкивание подпрессованной порции в рабочий канал. Затем пуансоны вертикального и горизонтального цилиндров автоматически возвращаются в исходное положение, и процесс повторяется.

Производительность прессов непрерывного выдавливания

$$V_t = bhvf, \quad (275)$$

где b и h — ширина и толщина изделия в м; $\varphi = 0,85$ — коэффициент использования рабочего времени; v — скорость прессования в м/с, которая должна находиться в пределах $\frac{l}{t_{св}} \leq v \leq \frac{L}{t_{пр}}$; l и L — длина зоны распрессовки и канала пресса в м; $t_{св}$ и $t_{пр}$ — время отверждения связующего и время прогрева плиты в с.

Для вертикальных прессов А. М. Завражнов считает, что работа, затрачиваемая на проталкивание сжатого элементарного слоя, независимо от плотности плит и расхода связующего составляет 35—39% общей работы прессования, а сила прессования за время проталкивания уменьшается на 4—7%:

$$A = 2,7P\Delta, \quad (276)$$

где P — сила прессования в Н; Δ — величина подачи в м.

Следовательно, мощность, затрачиваемую при прессовании экструзионных плит, можно определить по формуле

$$N = 2,7P\Delta Sn, \quad (277)$$

где S — площадь сечения формирующейся плиты в м²; n — число ходов плунжера в секунду.

Для горизонтальных прессов с предварительной вертикальной подпрессовкой автор предлагает считать, что давление, необходимое для непрерывного формирования и продвижения прессуемого изделия по каналу полимеризационной камеры (давление прессования), создаваемое горизонтальным поршнем, расходуется на деформацию массы при горизонтальном уплотнении и на преодоление сил трения ее о стенки канала. Вертикальный поршень в достаточной степени уплотняет массу и располагает частицы стружки, покрытые пленкой связующего, в горизонтальном положении (первоначальное формирование). Поэтому расход давления прессования на деформацию сжатия при уплотнении массы горизонтальным поршнем незначителен, что дает возможность определить необходимое давление прессования главным образом с учетом возникающих сил трения в зонах, прилегающих

к стенкам полимеризационной камеры. Зависимость нормального давления dq на каждый бесконечно малый участок стенок канала от коэффициента бокового давления ε_s выражается уравнением

$$dq = \varepsilon_s dp, \quad (278)$$

где dp — удельное давление прессования на бесконечно малый контактный участок.

После интегрирования по длине прессуемого изделия получим значение акспальной силы P , требуемой для прессования:

$$P = p(1 - e^{-\varepsilon_s S^\mu}) + c, \quad (279)$$

где p — удельное давление прессования в $\text{H}/\text{м}^2$; μ — коэффициент внешнего трения массы о стенки канала; S — площадь поверхности формирующей камеры в м^2 ; e — основание натурального логарифма; c — постоянная интегрирования, в данном случае зависящая от силы предварительного прессования вертикальным поршнем.

§ 4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Древесноволокнистые плиты (в том числе твердые) изготавлиются по так называемому «мокрому» способу в отличие от древесностружечных плит, которые изготавливаются по сухому способу. Принцип производства древесноволокнистых плит основан на свойствах растительных волокон соединяться и образовывать прочный лист в процессе обезвоживания водных суспензий волокна на сетке. Для придания твердым древесноволокнистым плитам свойства постоянной водостойкости, а также повышенной твердости и прочности производится их проклейка главным образом фенольноформальдегидными смолами. Количество вводимых смол колеблется от 2 до 10% от веса волокна.

Процесс производства древесноволокнистых плит состоит из следующих операций: предварительное грубое измельчение древесины пилами, рубильными машинами или дезинтеграторами; размол предварительно измельченного сырья на дисковых мельницах; приготовление гидромассы в массовых бассейнах пропитки гидромассы смолами, гидрофобными, огнезащитными и другими составами; формование полотна на плоскосеточных или круглосеточных отливочных машинах; прессование и сушка на многоэтажных гидравлических прессах; обрезка плит на резательных станках.

Рассмотрим машины для формования полотна древесноволокнистых плит.

Плиты из жидкой волокнистой массы изготавливают обезвоживанием массы и ее формованием на отливочных машинах. Волокнистая масса обезвоживается свободной фильтрацией через сетку, вакуум-фильтрацией, прессованием сформованной ленты или

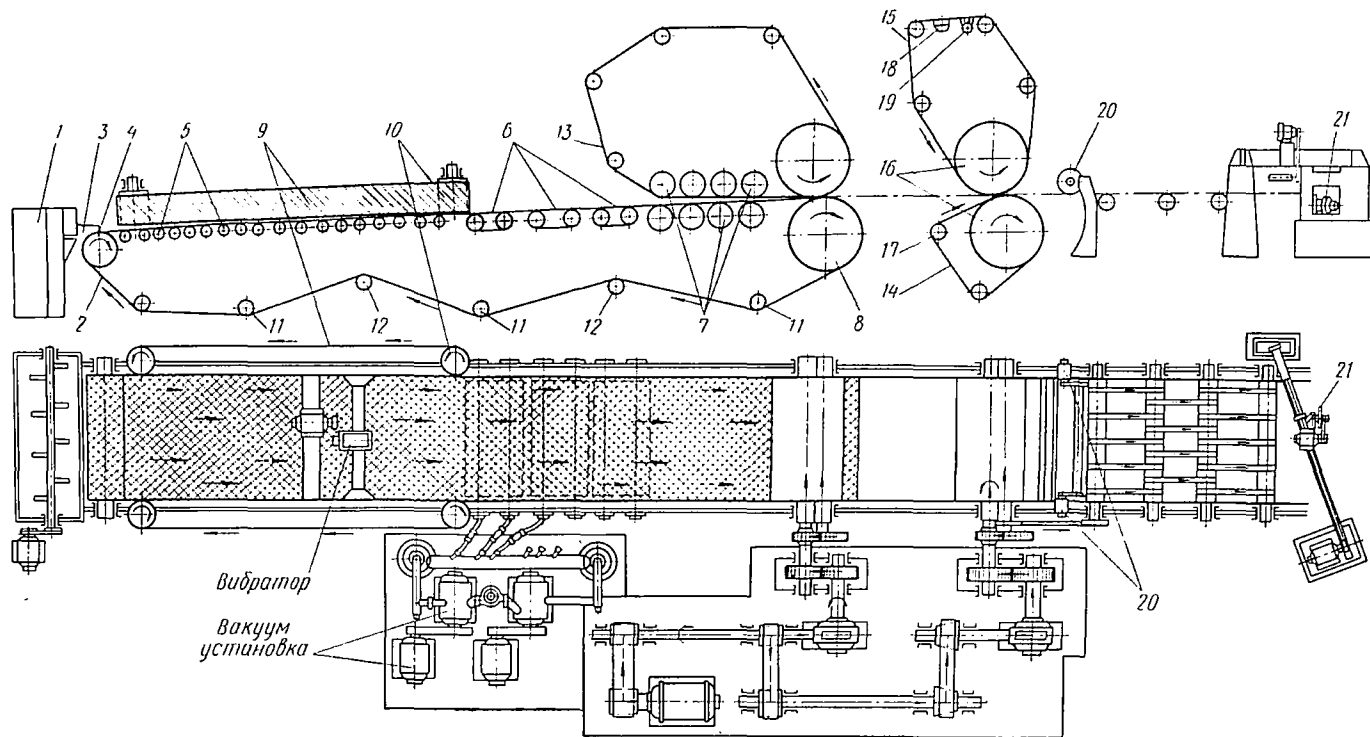


Рис. 186. Отливочная машина

высушиванием готовой плиты. Отливочные машины бывают двух типов: плоскосеточные и круглосеточные. Наибольшее распространение получили плоскосеточные машины.

На рис. 186 показана схема плоскосеточной машины. Волокнистая масса подается в ящик 1, из которого она равномерно распределяется по ширине сетки 2. Соединительным звеном между ящиком и сеткой является резиновый фартук 3. На отливочных машинах применяют в основном плоские крученые сетки из фосфористой бронзы. Сетка охватывает вал 4, опирается на регистровые валики 5 и на коробки вакуум-отсосов 6, далее проходит в зоне валов 7 фор-пресса и, наконец, огибает нижний вал 8 гауч-пресса. Волокнистая гидромасса, поступившая на сетку, ограничивается по ширине резиновыми ремнями (декелями) 9, которые надеты на вертикальные цилиндры 10. Сетка приводится в движение от вала 8 гауч-пресса. В свою очередь, сетка при своем движении приводит во вращение вал 4, регистровые валики 5, декели, а также все валики, расположенные под сеточным столом. Для натяжения сетки служат натяжные валики 11. Валики 12 являются правильными. Над сеткой 2 отливочной машины монтируется верхняя сетка 13.

Древесноволокнистые плиты формируются в следующей последовательности. Гидромасса из распределительного ящика 1 поступает на резиновый фартук 3, с которого переходит на сетку 2 отливочной машины. В регистровой части происходит свободная фильтрация воды через сетку. Последующее обезвоживание производится в зоне действия вакуум-отсосов 6, затем в первой прессовой зоне, состоящей из четырех пар валов 7, образующих фор-пресс, и, наконец, между валами 8 гауч-пресса. Далее полотно волокнистой массы поступает в прессовое устройство, состоящее из нижней сетки 14 и сукна 15, огибающих прессовые валы 16 и вал 17. Для обезвоживания массы и промывки сукна 15 служат соответственно вакуум-коробка 18 и водяные форсунки 19. После обезвоживания и уплотнения полотно подвергается продольной обработке дисковыми ножами 20, а затем разрезается поперек автоматически действующим дисковым ножом 21. Производительность плоскосеточной отливочной машины подсчитывается по формуле

$$m_t = Gvb\kappa, \quad (280)$$

где G — масса 1 м² готовой плиты в кг; v — скорость движения сетки в м/с; b — ширина плит в м; κ — 0,96 ÷ 0,98 — коэффициент, учитывающий холостые пробеги и внеплановые остановки.

После формования на отливочных машинах плиты направляются в многоэтажные гидравлические прессы для прессования и термической обработки.

Глава XIV. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ ПЛАСТМАСС

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Газонаполненные пластмассы (поро- и пенопласты) являются наиболее эффективным видом теплоизоляционных материалов, сочетающих в себе легкость, прочность и формоустойчивость. Эти качества материала позволяют создать легкие ограждающие конструкции зданий и сооружений, надежную и долговечную теплоизоляцию промышленного оборудования и тепловых сетей. При разработке промышленной технологии газонаполненных пластмасс используют последние достижения химии и физики, что позволяет регулировать их структуру и свойства в широком диапазоне прочности, теплофизических и эксплуатационных показателей. Особый интерес представляют изделия на основе полистирола, фенолформальдегидных смол, полиуретанов и карбамидных смол. Рост производства газонаполненных пластмасс, используемых в качестве строительной теплоизоляции, основывается на все возрастающих потребностях строительства в этих материалах, а объем их выпуска достигнет к 1975 г. более 1 млн м³. Плиты полистирольного пенопласта ПСБ и ПСБ-С (с антипиреном), изготовленные из суспензионного вспенивающего полистирола (гранулята), предназначены для тепловой изоляции строительных ограждающих конструкций и промышленного оборудования при температуре изолируемых поверхностей не свыше 343° К. Малая объемная масса при сравнительно высоких прочностных показателях и низкий коэффициент теплопроводности делают этот материал высококачественным утеплителем в слоистых ограждающих конструкциях в сочетании с алюминием, асбестоцементом и стеклопластиком. Плиты выпускаются по беспрессовой технологии непрерывным или периодическими методами. Технологический процесс состоит из предварительного вспенивания исходного полистирольного гранулятора, вылеживания (созревания) предвспененных гранул, формования блоков пенопласта и резки блоков на плиты заданных размеров.

Пенофенопласт (фенольный заливочный пенопласт) — эффективный теплоизоляционный материал строительного назначения. Для производства пенофенопласта используют товарные фенолспирты 50%-ной концентрации, алюминиевую пудру (газообразователь) и смесь минеральных кислот с пластификаторами в качестве отвердителя. Производство пенопласта, кроме первой операции по сушке смолы, происходит при температуре 290—298° К.

Изделия из пенофенопласта выпускают в виде плит, скорлуп и сегментов. Технология изготовления пенопласта на основе фенолспиртов требует небольших капиталовложений и рассчитана на использование стандартного оборудования. В качестве жесткого теплоизоляционного материала в самонесущих ограждающих

конструкциях зданий и сооружений, для промышленной и монтажной термоизоляции установок, теплофикационных сетей и т. д. применяется перлитопластбетон. Технология изделий из перлитопластбетона состоит в приготовлении тонкоизмельченной композиции и ее термической обработке, при которой происходит вспенивание и отверждение. Перлитопластбетон относится к группе труднообрабатываемых материалов. Для строительства жилых, общественных и промышленных зданий используются навесные стеновые панели из армированного фенольного поропласта. Панели марок НФП-1 и НФП-2 выполнены целиком из фенольного поропласта с поверхностным армированием стекловолокнистыми материалами. Применение армопенопластовых панелей при толщине 16 см в 7 раз облегчает строительные конструкции и в зависимости от района возведения зданий на 15—35% дешевле газобетонных. Навесная панель трехслойная с эффективным утеплителем и декоративным фасадным слоем из плит естественного камня тонкого распила предназначена для наружного ограждения жилых зданий повышенной этажности и может быть использована в любых климатических районах нашей страны. Панель представляет собой трехслойную конструкцию с одним оконным проемом. Она состоит из двух тонких ребристых железобетонных скорлуп, соединенных по контуру при помощи металлических закладных деталей. С фасадной стороны железобетонная скорлупа облицована плитами естественного камня, внутренняя полость между скорлупами заполнена эффективным утеплителем (пенопласт марки ФРП). Легкость, высокие теплоизоляционные качества, декоративность навесной панели дают возможность получить интересные и яркие решения фасадов зданий, а также значительно снизить эксплуатационные расходы.

§ 2. УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ

Газонаполненные пластмассы можно получать несколькими способами: автоклавным, прессовым, беспрессовым, экструзионным, литьем под давлением и др. На рис. 187 показана схема производства пенополистирола автоклавным методом. Из бункера 1 полистирол пневмотранспортом 2 подается в приемный бункер с тарельчатым дозатором 3, откуда в червячную установку 4 для предварительного вспенивания. Установка состоит из приемного бункера 1 (рис. 188), тарельчатого дозатора 2, червяка 3 диаметром 205 мм, паровой рубашки 4, из которой пар через перфорацию попадает в трубу червяка, набора шестерен 5, редуктора 6 и электродвигателя 7. Наличие двигателя постоянного тока позволяет менять в широком диапазоне число оборотов лопастного винта и тем самым регулировать скорость прохождения сырья через установку. Предварительно вспененный полистирол поступает в бункер с дозатором 5 (см. рис. 187), откуда подается в форму 6, установленную на формовочном рольганге 7. Форму с пенопо-

листиролом устанавливают на запарочные вагонетки 8, которые направляются в автоклав 9. Автоклав проходного типа (рис. 189) представляет собой сварной цилиндрический барабан 1, закрытый с торцов откидными крышками 2. Барабан сварен из отдельных обечаек, к которым приварены литые стальные фланцы 3. Крышки закрываются и открываются при помощи поворотного 4 и подъемного 5 механизмов.

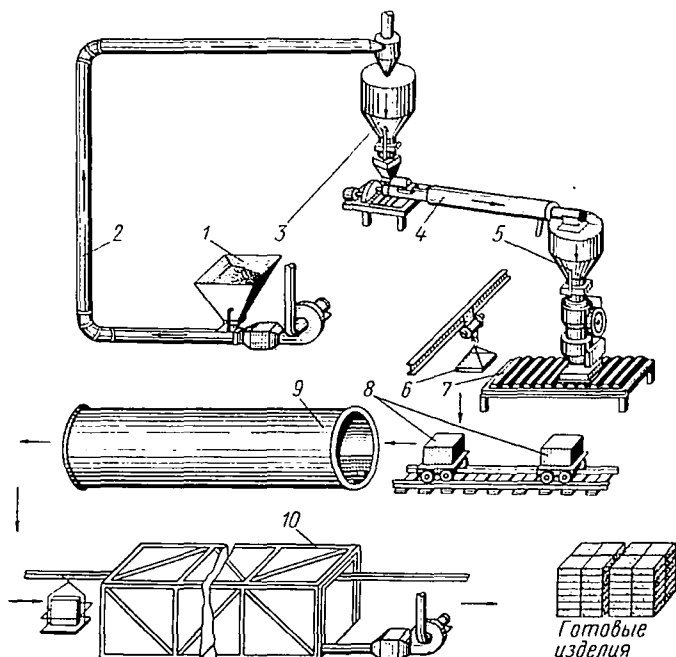


Рис. 187. Схема производства пенополистирола автоклавным методом

Особенностью автоклавов с быстрозакрывающимися крышками является так называемый байонетный затвор, представляющий собой байонетное кольцо 6, которое может поворачиваться на некоторый угол. На байонетном кольце по его окружности равномерно расположены выступы (зубцы) А. Крышки 2 автоклава, в свою очередь, имеют выступы Б, ширина которых несколько меньше, чем промежутки между выступами байонетного кольца. Наружный диаметр кольцевой части крышки 2 меньше диаметра кольцевой проточки байонетного кольца. Таким образом, крышку 2 можно вставить в байонетное кольцо; при этом выступы крышки пройдут в промежутки между выступами кольца.

Если затем повернуть байонетное кольцо на расстояние, равное половине шага между выступами, то выступы кольца установятся против выступов крышки автоклава и, таким образом,

будет создан замок. Для создания уплотнения между байонетным кольцом и крышкой служит резиновое кольцо 7. После того, как крышка установлена через штуцер 8 пускают под давлением пар, который обеспечивает плотное прижатие резинового кольца как к кольцу 9 крышки, так и к стенкам паза, имеющегося во фланце 3.

Давление пара, подаваемого к резиновому кольцу, должно быть не ниже давления пара в котле. Для поворота байонетного кольца служит гидравлический привод. Крышка поднимается при помощи устройства, состоящего из насоса 10, гидроцилиндра 11, шток которого шарнирно соединен с рейкой 12. При своем движении рейка поворачивает зубчатое колесо 13, которое закреплено на валу 14. На этот же вал насажены рычаги 15, нижние

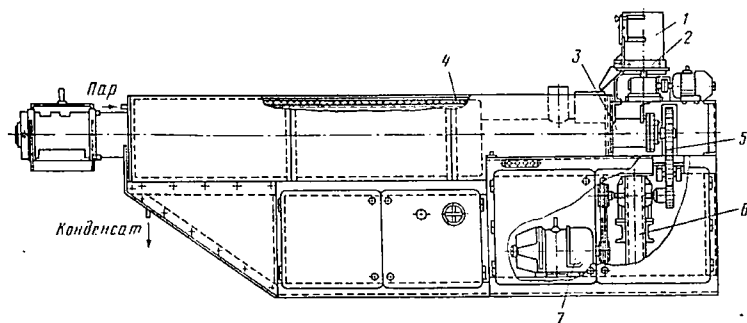


Рис. 188. Установка для предварительного вспенивания

концы которых присоединены к крышке автоклава. Таким образом, при поступательном движении рейки поворачиваются рычаги и поднимается крышка, которая устанавливается в горизонтальное положение. При обратном ходе рейки крышка опускается. Вагонетки с изделиями подаются в автоклав по рельсам 16. Внешняя поверхность барабана автоклава, так же как и крышек, покрывается тепловой изоляцией. Крышки автоклава открываются и закрываются автоматически. После того, как механизм поворота кольца повернет его на величину, при которой зубцы (выступы) кольца выйдут из зацепления с зубцами крышки, срабатывает конечный выключатель, байонетное кольцо останавливается и затем включается механизм подъема крышки. По окончании автоклавной обработки плиты сушатся в камере 10 (см. рис. 187).

На рис. 190 показана технологическая схема по прессовому методу производства плит из пенополистирола на карусельном агрегате. Сырье из емкостей 1 поступает в вспениватель 2, откуда гранулы предварительно вспененного полистирола подаются в промежуточные бункера 3. Далее полистирол поступает в бункера-питатели 4 карусельных машин 5. Отходы, предварительно измельченные в дробилке 6, подаются в качестве добавки в промежуточные бункера. Все сырье транспортируется пневмотранспортом с помощью вентиляторов 7. Воздух нагревается в калорифере 8.

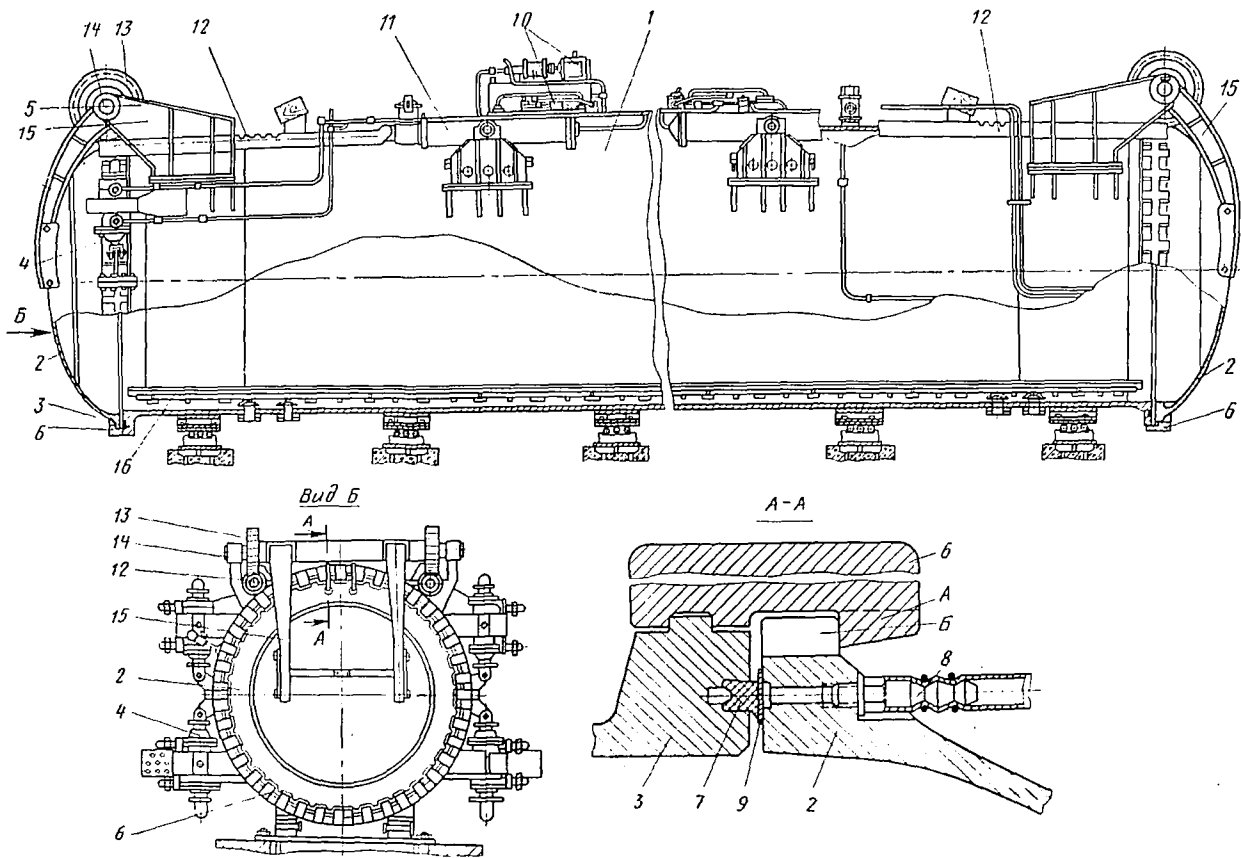


Рис. 189. Автоклав

Карусельный агрегат (рис. 191) состоит из карусели 1 с приводом, гидравлического пресса 2, бункера с механизмом дозирования, подъемника, механизма сталкивателя 3, формы 4, гидравлического привода и распределительной станции. Карусель с приводом представляет собой поворотный стол, состоящий из двух сварных секций, соединенных между собой болтами. Каждая секция, в свою очередь, разделена на три секции, в центрах которых имеются гнезда для установки форм. Карусель опирается на упорный шарикоподшипник и вращается вокруг неподвижной колонны 5, которая смонтирована на раме 6. Карусель приводится от гидроцилиндра 7 через рычажно-храповой механизм 8, состоя-

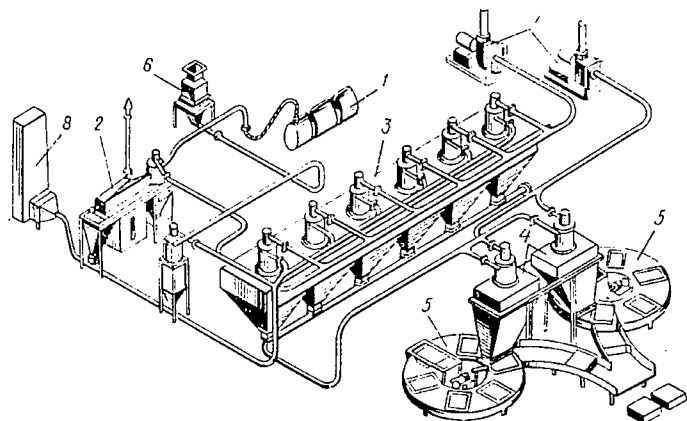


Рис. 190. Схема производства пенополистирола прессовым методом

щий из храповика с двумя собачками. При ходе штока 9 гидроцилиндра вперед одна собачка толкает храповик, а другая проскальзывает. При ходе штока назад функции собачек меняются. Таким образом, карусель поворачивается на угол, равный $\frac{\pi}{3}$ рад, за один полный ход (вперед и назад) штока цилиндра. Гидравлический пресс состоит из станины 10, нижней 11, верхней 12 плит и цилиндра 13 с дифференциальным плунжером. Для подвода теплоносителя к плитам служит паропровод 14. Дозирующее устройство представляет собой бункер со встроенным в него гидроцилиндром. Цилиндр имеет два штока, каждый из которых соединен с шибером, перемещающимся в направляющих. Подъемник и механизм сталкивания служат для выталкивания изделия из формы и сталкивания его на транспортное устройство. Подъемник представляет собой вертикально расположенный гидроцилиндр, на штоке которого закреплена плита, движущаяся в направляющих. Сталкиватель представляет собой гидроцилиндр, на штоке которого укреплен планкотолкатель. Гидропривод включает в себя двоянный лопастной насос с электродвигателем, смонти-

рованные на одной раме, фильтр, коммуникации и другие узлы. Гидрораспределительное и контрольное оборудование смонтировано в шкафу управления. Пенополистирольные изделия на карусельном агрегате получают следующим образом. Предварительно вспененный полистирол подается в бункер карусельной машины, работающей в шесть циклов (позиций).

Позиция *I*. В подведенной под бункер форме гидроцилиндром механизма дозирования поднимается дно на заданную величину,

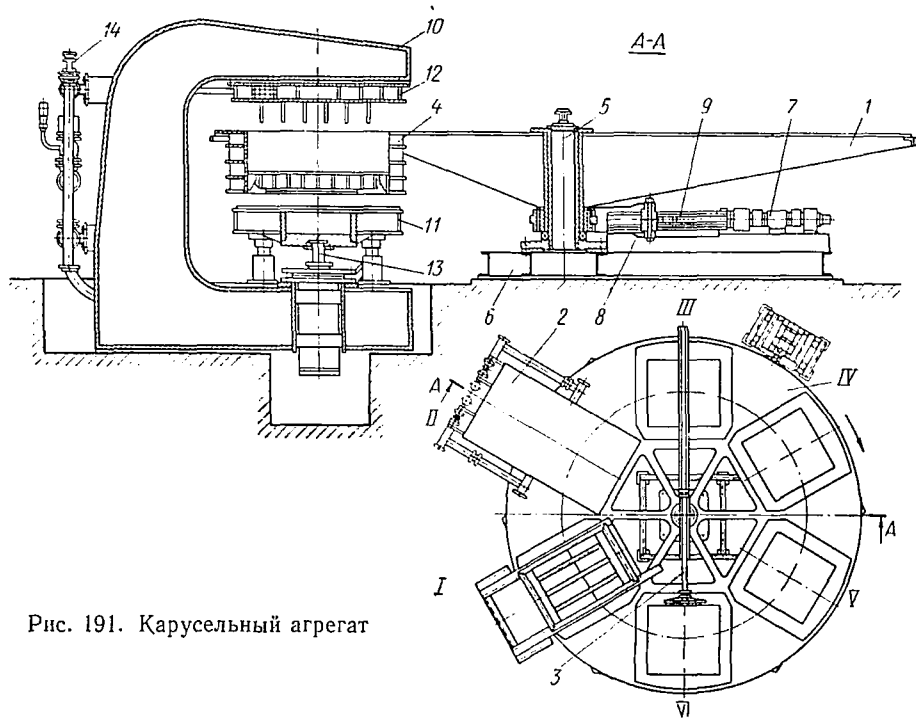


Рис. 191. Карусельный агрегат

после чего открываются шиберы бункера и формы заполняются полистиролом. Затем шиберы закрываются, дно формы опускается в исходное положение и карусель поворачивается на $\frac{\pi}{3}$ рад. При этом заполненная полистиролом форма поступает на позицию *II*.

Позиция *II*. Гидроцилиндр пресса поднимает заполненную форму так, что последняя оказывается зажатой между нижней и верхней плитой пресса. После этого в форму под давлением подается пар. Под действием пара гранулы полистирола разбухают и форма полностью заполняется. После обработки паром процесс формования заканчивается и форма опускается в исходное положение. При последующих поворотах формы в позиции *III*, *IV* и *V* отформованное изделие охлаждается, а при перемещении формы на позицию *VI* выталкивается из формы (гидравлическим

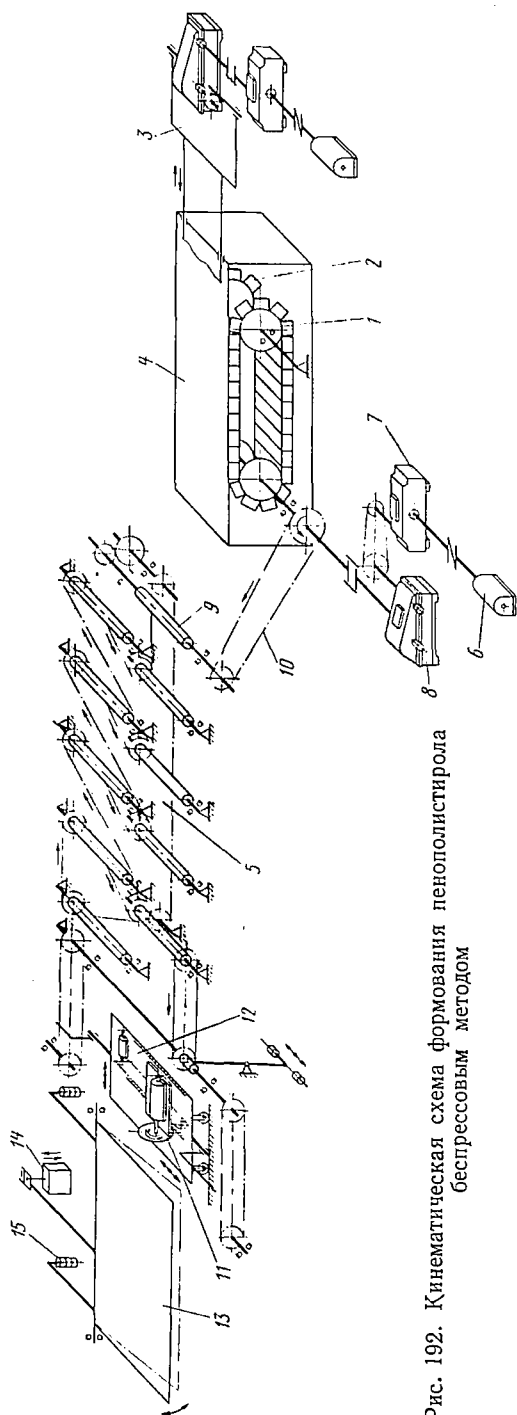


Рис. 192. Кинематическая схема формирования пенополистирола беспрессовым методом

подъемником) и сталкивается в горизонтальном направлении (гидравлическим толкателем).

На рис. 192 показана кинематическая схема конвейерной установки для формирования пенополистирольных плит по беспрессовому методу. Установка состоит из цепного конвейера 1 со звеньями (тележками) 2, механизма подачи 3, нагревательной 4 и охлаждаемой 5 камер. Конвейер приводится от электродвигателя 6 через вариатор 7 и редуктор 8. Из вспенивателя полистирол подается на тележки через загрузочную воронку и проходит последовательно через нагревательную и охлаждаемую камеры. Ролики 9 приводятся через цепную передачу 10. Плиты обрезаются в размер диском 11 механизма поперечной резки 12. Готовые плиты поступают на сбрасыватель 13 и сталкиваются гидравлическим толкателем 14. Возвращается сбрасыватель в первоначальное положение грузом 15. Длина и скорость конвейера рассчитаны таким образом, что за время нахождения материала на тележке формируется готовое изделие.

Вспениватель представляет собой вертикальный сосуд, состоящий из трех разъемных обечаек 1 (рис. 193), двух рабочих камер и одной распределительной, съёмных конических кры-

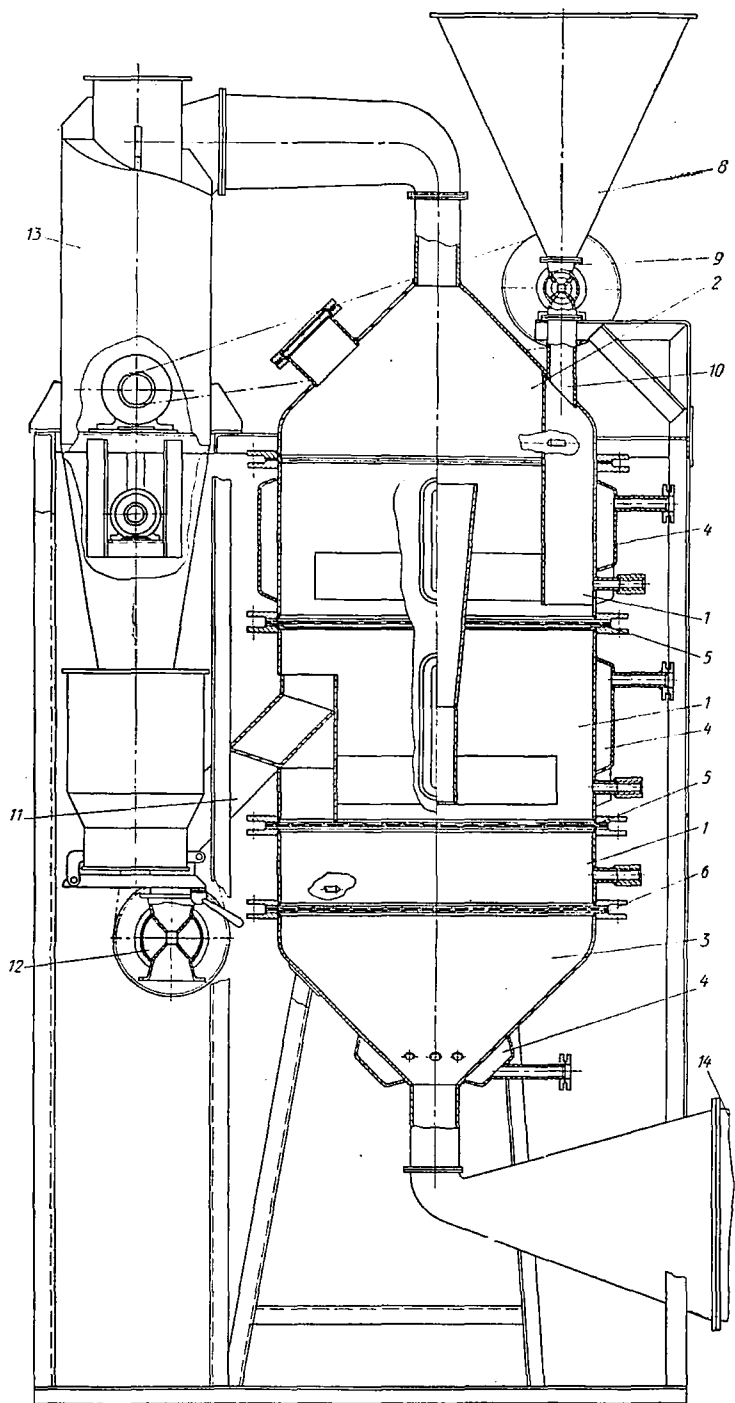


Рис. 193. Вспениватель

шек 2 и днища 3. Две верхние обечайки и днище снабжены паровыми рубашками 4. Из рубашек пар через сетки в обечайках и отверстия в днище поступает в аппарат. В месте разъема обечаек установлены

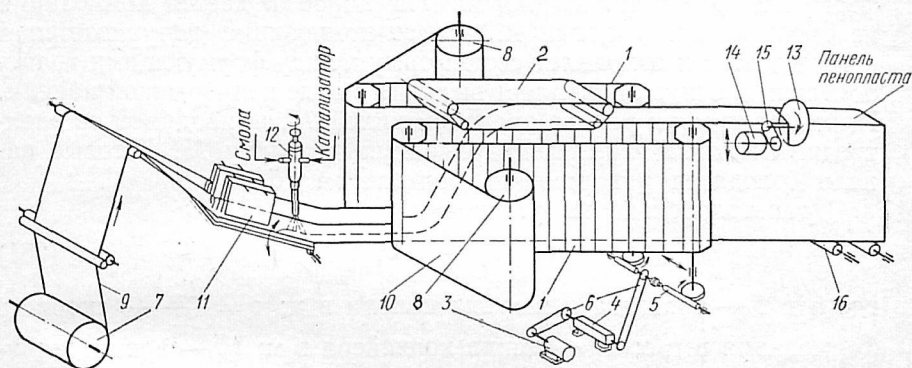


Рис. 194. Установка для получения панелей из пенопласта

поддерживающие сетки 5, между нижней обечайкой и днищем установлена сменная распределительная решетка 6. В центре аппарата расположена труба 7, приваренная к кольцу, зажатому между фланцами двух обечаек. Суспензионный полистирол загружается во вспениватель через бункер-воронку 8, верхний питатель 9 и прямоугольный патрубок 10 на крышке вспенивателя. Под патрубком во вспенивателе находится козырек для направления продукта. Выгрузка полистирола происходит через наклонный патрубок 11 в средней части вспенивателя и нижний питатель 12. Для отделения частиц полистирола от воздуха, поступающего из вспенивателя, предусмотрен циклон 13. Вспениватель соединен воздухопроводами со сдвоенным паровым калорифером 14, который, в свою очередь, соединен с нагнетательным патрубком вентилятора.

На рис. 194 показана установка для непрерывного получения панелей из фенольного пенопласта. На раме смонтированы формирующие транспортеры: два боковых 1 и два торцовых 2. Боковые транспортеры приводятся от электродвигателя 3 через редуктор

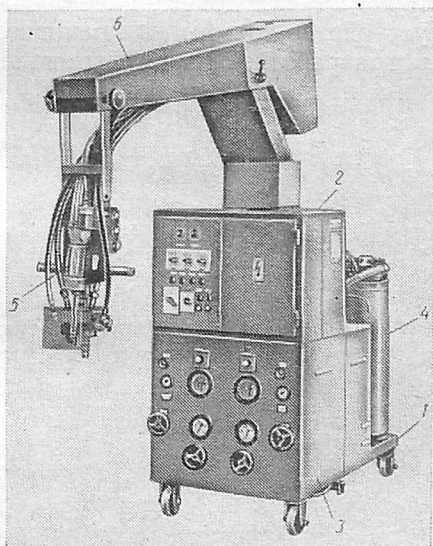


Рис. 195. Передвижная установка для формирования изделий из полиуретана

скорости 4, червячные передачи 5 и клиноременные 6. В начале автоматической линии и на самой установке смонтированы узлы размотки 7 и 8 подложек 9 и 10. Подложка 9, проходя устройство 11, формируется в бумажный короб. На короб подается композиция из смесительной головки 12. Далее композиция вспучивается и отверждается и сохраняет свою форму между формирующими транспортерами, откуда пенопласт выходит в виде непрерывной панели. Плиты режутся в размер дисковой пилой 13, приводимой от электродвигателя 14 через клиноременную передачу 15. Готовые панели отводятся ускоряющим рольгангом 16.

Производительность установки

$$V_t = abv, \quad (281)$$

где a и b — толщина и ширина панели в м; $v = \frac{L_k}{t_{\text{ж}}}$ — скорость формования в м/с; L_k — длина конвейера в м; $t_{\text{ж}}$ — время живучести смеси в с.

На рис. 195 показана передвижная установка для формования изделий из полнуретана. На станине-шасси 1 находятся распределительный шкаф 2, дозирующее устройство 3, баки 4 для компонентов смеси, смесительная головка 5, находящаяся на кронштейне 6. В смесительной головке для каждого компонента предусмотрено трехходовое переключающее устройство. Дозирующее устройство состоит из прецизионных шестеренных насосов. Установка работает на двухкомпонентной смеси холодного отверждения при низком давлении.

Раздел второй

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Глава I. СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНОЙ И СТЕКЛЯННОЙ ВАТЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Минеральной ватой называется смесь волокон диаметром 5—10 мкм, получаемых раздувом расплавленной шихты, составленной из шлака, доломита, сланцев и отходов керамического производства, на тонкие волокна при помощи сильной струи пара, воздуха или газа. Шихту получают из кварцевого песка с добавкой 20% стеклянного боя или отходов стекла.

Технология производства искусственного минерального волокна и изделий из него состоит из следующих основных процессов: подготовки сырья и шихты; получения расплава; раздува расплава на волокно; получения сырой минеральной ваты; получения гранулированной ваты; производства полужестких и жестких матов и изделий из ваты на битумной или синтетической связках.

§ 2. ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ

Большое значение для процесса плавления минерального сырья и однородности получаемой минеральной ваты имеет однородность химического и гранулометрического состава сырья, точность весового дозирования компонентов и своевременность и равномерность загрузки шихты в плавильный агрегат.

Шлак и горные породы, а также отходы керамического производства измельчаются на дробилке, полученный материал проходит грохот и поступает в соответствующие расходные бункера для хранения и последующего дозирования. Куски шихты должны быть не менее 25 мм и не более 40—60 мм. Минимальный размер кусков задается в зависимости от условий дутья (чем больше скорость выхода газов из плавильного агрегата, тем крупнее должны быть куски), а максимальный — для ускорения процесса теплообмена. Куски тугоплавкого компонента шихты применяются минимально допустимого размера также по условиям дутья.

Оборудование общего назначения для подготовки сырья здесь не описывается, так как рассматривается подробно в общем курсе «Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций».

§ 3. ПРОИЗВОДСТВО СЫРОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

По технологической схеме, показанной на рис. 196, процесс производства сырой минеральной ваты происходит следующим образом.

Дробленое и сортированное сырье и кокс по ленточному наклонному транспортеру 6 шириной 650 мм и производительностью 60 т/ч при скорости движения ленты 0,5 м/с поступает в расходные бункера 7. Сырье и кокс взвешиваются на весовых автоматических дозаторах 8, имеющих пределы взвешивания 50—600 кг.

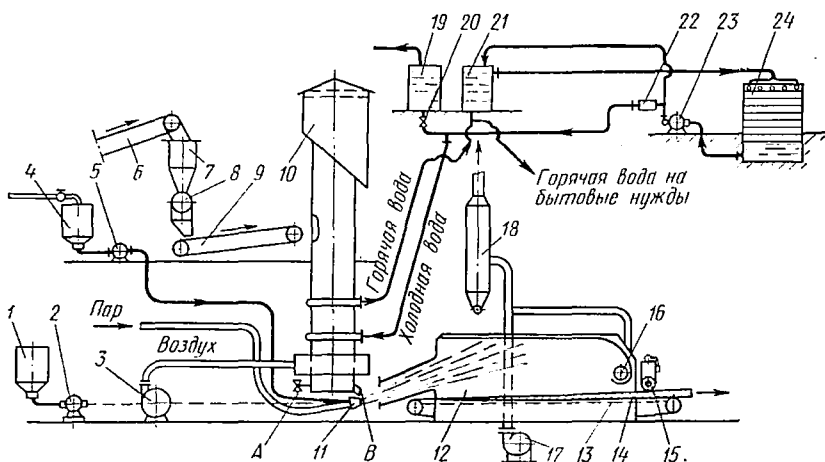


Рис. 196. Схема технологического процесса производства сырой минеральной ваты

Затем сырье и кокс конвейером или скиповым подъемником 9 загружают в вагранку 10 для расплавления с помощью сжатого воздуха, подаваемого воздуходувкой 3.

Поступающая из вагранки через копильник струя расплава перерабатывается в агрегате 11 волокнообразования, и образовавшиеся волокна поступают в камеру 12 волокноосаждения с рабочей частью шириной 2 м и длиной 10 м. Сетчатый конвейер 13 камеры после подпрессовки уплотняющим валком 15 выносит образовавшийся ковер 14 ваты на дальнейшую обработку.

Сырая вата в процессе волокнообразования может быть обработана минеральным маслом или расплавленным нефтяным битумом. Минеральное масло из бака 1 подается дозирующим насосом 2 непосредственно в паропровод и при выходе из дутьевой головки 11 распыливается, попадая в факел раздува расплава. Битум поступает в расходный бак 4, где поддерживается в расплавленном состоянии. Дозирующий насос 5 подает его в паропровод дутьевой головки 11, откуда битум в распыленном виде попадает в зону волокнообразования и в камеру осаждения, где осаждается на

волоконх ваты. Из камеры осаждения корольки удаляются винтовым транспортером 16, а отработанный воздух выбрасывается вентилятором 17 через центробежный скруббер 18 в атмосферу.

§ 4. ПРОИЗВОДСТВО ГРАНУЛИРОВАННОЙ ВАТЫ

Для нужд строительства при термоизоляции и для производства акустических плит минеральную вату применяют в гранулированном виде. Для производства гранулированной ваты (рис. 197) ковер ваты с транспортера 2 камеры 1 осаждения поперечным 3 и наклонным 4 транспортерами подается на трепальный барабан 5, пальцами которого ковер распушивается, и куски ваты попадают

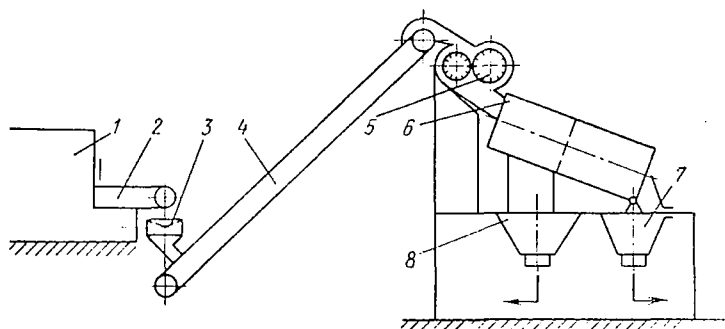


Рис. 197. Схема технологического процесса производства гранулированной ваты

в барабан-гранулятор 6 с вращающимися ситами. Благодаря вращательному движению барабана вокруг своей оси куски ваты превращаются в окатыши диаметром от 3 до 10 мм и вследствие наклона гранулятора падают в бункер 7, а отходы мелкой ваты и корольки, проходя через сито барабана, попадают в бункер 8 для отходов. Вся линия грануляции ваты герметизирована, а система аспирации отсасывает и очищает воздух от минераловатной пыли.

§ 5. ПРОИЗВОДСТВО МИНЕРАЛЬНОГО ВОЙЛОКА НА БИТУМНОЙ СВЯЗКЕ

Производство минерального войлока на битумной связке заключается в обработке сырой минеральной ваты в момент волокнообразования и осаждения расплавленным и распыленным нефтяным битумом, дальнейшей опрессовке ковра и разделке его на полосы или маты заданного размера. Расход битума составляет до 5% от веса ваты. Чтобы битум не загорался, в камеру осаждения подают холодный воздух или распыливают форсунками холодную воду в количестве до 30% от веса ваты.

§ 6. ВАГРАНКА

Для плавления минерального сырья на заводах минеральной ваты применяют обычно вагранки диаметром 1000 или 1250 мм. Ванные стеклоплавильные печи применяются реже, а электроплавильные печи — как исключение.

Вагранка (рис. 198) состоит из трех секций: нижней плавильной секции 9, опорной секции 11 с загрузочными окнами и верхней секции в виде трубы с искрогасителем 14. Среднюю опорную секцию 11 монтируют и крепят к междуэтажному перекрытию 17 цеха при помощи опорных лап 16. Нижнюю секцию 9 подвеивают к опорным лапам 16 на тросах 10. Верхнюю секцию 14 с искрогасителем устанавливают на опорную секцию, место стыка уплотняют песочным затвором 18.

Металлическая внутренняя обечайка нижней секции 9 подвержена постоянному воздействию высоких температур, развивающихся в плавильной зоне вагранки, поэтому она для охлаждения снабжена по всей высоте водяной рубашкой, так называемой «ватержакетом» 21.

Наружный кожух водяной рубашки для компенсации расширения оборудован двойным компенсатором 20. Днище вагранки состоит из двух шарнирных створок 3, которые в закрытом положении запираются балкой 2 с помощью винта 1 запорного устройства. Створки днища открываются в направлении леточного отверстия и отверстия для розжига вагранки. В леточное отверстие вставлена леточная коробка 25. Отверстие для розжига закрывается дверцей 4.

В комплект узла раздува расплава входят три леточные коробки 25, каждая из которых снабжена делителем на одну, две или четыре струи.

Леточные коробки и делители струй снабжены водяной рубашкой, подключаемой к водопроводу по схеме, показанной на рис. 199.

Работа вагранки регулируется подачей воздуха. Для рассредоточения дутья вагранка снабжена тремя рядами фурм, снабженных температурными компенсаторами сильфонного типа.

Подача воздуха в основные фурмы нижнего ряда 6 (рис. 198) регулируется отдельно в каждой фурме посредством шибера. Для регулирования подачи воздуха в фурмы второго и третьего рядов служит общая регулирующая задвижка 24, установленная на колене 23 воздуховода. Воздушная коробка нижнего ряда фурм снабжена горизонтальной перфорированной диафрагмой 7 для более равномерного распределения воздуха по фурмам. В каждой фурме нижнего ряда имеется спускное отверстие 5, которое закрывается стеклом или картоном.

При заливании фурм расплавом стекло растрескивается, а картон сгорает, что позволяет расплаву стечь вниз и предотвратить забивание расплавом всей фурмы. Для наблюдения за ходом плавки и для очистки вагранки от шлака фурмы снабжаются

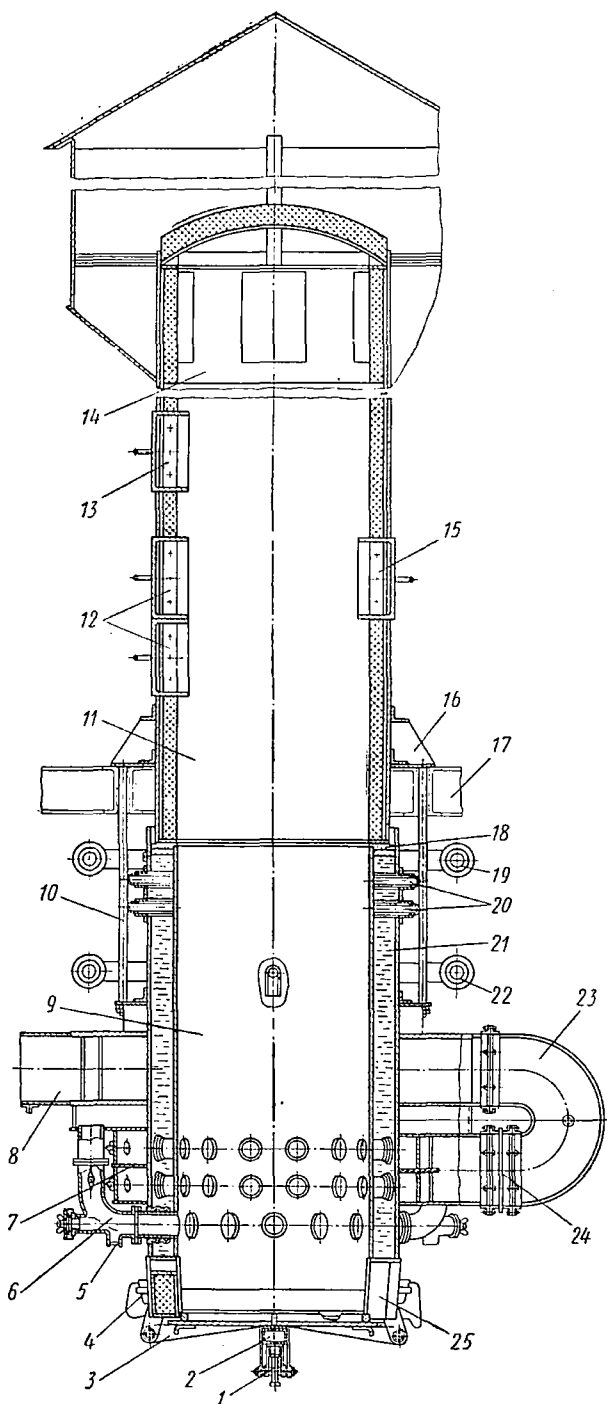


Рис. 198. Вагранка диаметром 1250 мм

откидной на болтах рамкой с окном, закрытым небьющимся стеклом или слюдой.

Опорная секция вагранки футеруется огнеупорным кирпичом, а загрузочные отверстия — чугунными плитами. В загрузочной секции устроены загрузочные отверстия — два 12 по вертикали и одно запасное 13. Шуровочное отверстие 15 закрывается дверцей. Труба и стенки искрогасителя футеруются красным кирпичом, а свод — огнеупорным кирпичом. Вагранку останавливают выключением дутьевого вентилятора и перекрыванием воздухопровода шибером. Во избежание взрыва при открывании днища под вагранкой не должно быть воды.

На процесс плавления минерального сырья в вагранке влияют различные факторы, главные из них дутье и водяное охлаждение.

Дутье. Сгорание кокса в вагранке происходит за счет кислорода вдуваемого в единицу времени воздуха. Чем больше подается воздуха, тем интенсивнее сгорает кокс и тем интенсивнее выделяется тепло и, следовательно, больше производительность вагранки.

Повышать количество вдуваемого воздуходувкой в вагранку воздуха можно до тех пор, пока скорость тепловыделения не достигнет нужной скорости нагревания и расплавления рабочей сырьевой колоши.

Количество вдуваемого воздуха обычно не превышает $80 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 1 м^2 площади пода вагранки с давлением дутья 600—1000 мм вод. ст. Из этого и следует исходить при расчете воздуходувки для вагранки.

Потери тепла в вагранке в небольшой степени зависят от ее производительности или от количества вдуваемого воздуха. Поэтому всегда следует стремиться работать на верхнем пределе в подаче вдуваемого воздуха, так как при этом повышается значение термического к. п. д. вагранки и снижается удельный расход кокса. Основным требованием к дутью является стабильность количества подаваемого в единицу времени воздуха и его давления.

Во время работы вагранки (рис. 198) в ее рубашку 21 непрерывно подается охлаждающая вода по распределительному коллектору 22 через три ввода, а горячая вода отводится через три выпуска в верхний коллектор 19. Расход охлаждающей воды определяется ее температурой на входе в среднем 288°K и температурой на выходе из рубашки, составляющей обычно от 323 до 363°K .

Горячая вода (см. рис. 196) из рубашки направляется в верхний напорный бак 21, который соединяется с верхним коллектором трубопроводом с обратным клапаном 20. При прекращении подачи воды в рубашку по основной водопроводной линии температура воды в рубашке вагранки поднимается до точки кипения и автоматика подаст световые и звуковые сигналы. В этом случае гор-

новщик открывает спускной кран *A* водяной рубашки и вагранка будет охлаждаться водой, подаваемой из аварийного бака *19*. Если применяется обратная система водоснабжения, то напорный бак *21* обеспечивает возможность подачи горячей воды самоотеком на бытовые нужды, а также на градирню *24*.

Так как за один проход через градирню горячая вода охлаждается примерно на 10°C , то систему обратного водоснабжения проектируют с таким расчетом, чтобы основная масса воды непрерывно пропускалась посредством насоса *23* через градирню *24* и напорный бак *21*, а небольшая ее часть отводилась в водяную рубашку вагранки. Для поддержания постоянной температуры отходящей воды на заданном уровне в водяную рубашку вагранки устанавливают регулятор прямого действия. Датчик регулятора — термобаллон *22*, смонтированный в трубопровод отходящей воды, связан с клапаном регулятора подводящего трубопровода холодной воды, вследствие чего при изменении температуры отходящей воды соответственно изменяется расход холодной воды. На вагранке устанавливаются приборы контроля, световая и звуковая сигнализация, позволяющие определять давление воды, уровень ее в аварийном баке и температуру на входе в водяную рубашку и на выходе из нее; на трубопроводе, отводящем воду из каждой вагранки, — контрольно-сигнальная трубка для визуального контроля за циркуляцией воды в ватерjackете вагранки.

Система испарительного охлаждения вагранки. В последнее время вагранки с водяным охлаждением как менее экономичные переделывают на вагранки с испарительным охлаждением. Применение испарительного охлаждения позволяет отказаться от градирни и насосов для перекачки воды, значительно снизить расход воды на единицу продукции. Так, при обычном водяном охлаждении 1 кг воды, нагреваясь от 288 до 353°K , поглощает 65 ккал тепла, при испарительном охлаждении — 540 ккал.

Испарительное охлаждение имеет большие преимущества перед водяным, так как обеспечивает высокую стабильность режима охлаждения вагранки, что улучшает процесс плавления сырья, качество продукции, увеличивает срок службы ватерjackета и повышает термический к. п. д. вагранки. Кроме того, тепло, отходящее от бака-сепаратора, можно лучше использовать для отопления, вентиляции и других нужд.

Перевод вагранки на испарительное охлаждение заключается в следующем (рис. 199). Рубашка *1* вагранки с помощью двух труб подключается к баку-сепаратору *4*. По трубе *2* вода из бака подается в рубашку вагранки, нагревается там до образования пароводяной эмульсии и с температурой 383 — 388°K под давлением поступает по трубе *3* обратно в бак-сепаратор, где пароводяная эмульсия разделяется на пар, который отводится через верхнюю трубу, и воду, циркулирующую в системе за счет разности удельных весов подаваемой в рубашку воды и отходящей пароводяной

эмульсии. Постоянный уровень воды в сепараторе поддерживают с помощью насосов 7, подающих воду из питательного бака 6 емкостью 1 м³.

Бак 6 пополняется водой автоматически при срабатывании электромагнитного вентиля и системы датчиков. Верхний уровень воды должен быть на 200 мм ниже верха бака, а нижний — не менее 200 мм от дна бака. Как только вода в баке достигает этих уровней, автоматические сигнализаторы сообщают об этом вагрантку световыми и звуковыми сигналами.

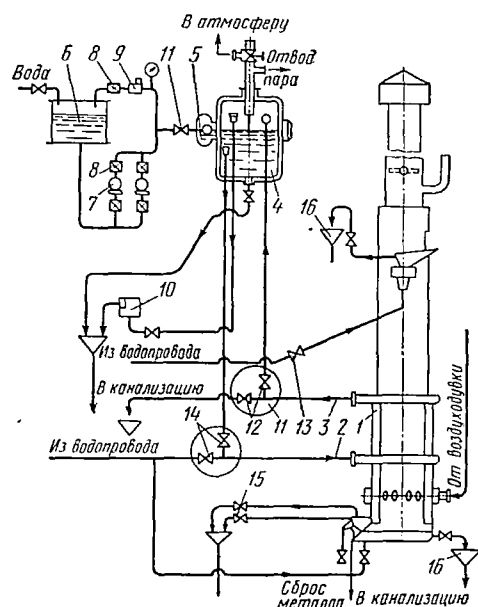


Рис. 199. Схема вагранки с испарительной системой охлаждения

Верхний уровень воды в баке-сепараторе должен быть на 200 мм ниже выпускной воронки подъемной трубы, а нижний — на 400 мм превышать уровень воронки сливной трубы, что обеспечивается устройством переливной трубы.

Вагранка с водяной рубашкой диаметром 1250 мм обычно имеет площадь зоны плавления 1,275 м² и высоту шихтового столба 5350 мм. Фурмы (11 шт. диаметром 146 мм каждая) основного ряда расположены на высоте 600 мм от пода, а фурмы дополнительного ряда (12 шт. диаметром 107 и 94 мм) — на высоте 250 мм от основного ряда. Расход воды при про-

точном водяном охлаждении в зависимости от степени ее минерализованности при охлаждении жесткой водой и температуре отходящей воды 323° К составляет до 20 м³/ч, а при охлаждении мягкой водой и температуре отходящей воды 358—363° К — 8—12 м³/ч.

Такая же вагранка диаметром 1250 мм с испарительной системой охлаждения имеет площадь зоны плавления 1,14—1,25 м², а высоту шихтового столба до 6500 мм. Фурмы основного ряда (16 шт. диаметром 146 мм) и дополнительного ряда (16 шт. диаметром 107 и 94 мм) расположены на высоте 900 и 1200 мм от пода вагранки.

Испарительное охлаждение вагранки рассчитывается на рабочее давление $3 \cdot 10^5$ н/м² с паропроизводительностью 600—1000 кг/ч.

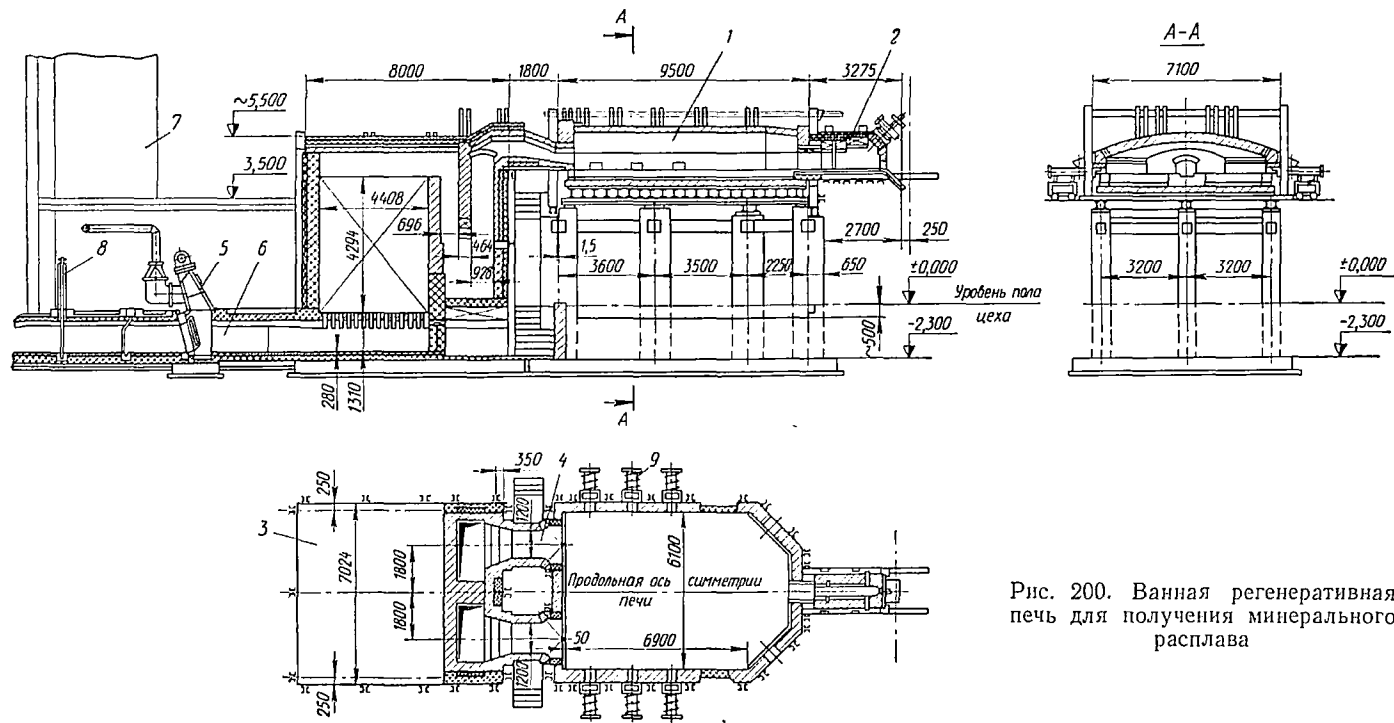


Рис. 200. Ванна регенеративная печь для получения минерального расплава

§ 7. ВАННАЯ РЕГЕНЕРАТИВНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО РАСПЛАВА

Для получения минерального расплава наряду с вагранками применяют ванны стекловаренные печи.

На рис. 200 показана современная ванная регенеративная печь 1 непрерывного действия с подковообразным направлением пламени конструкции института «Теплопроект». Удельный расчетный съем расплава с 1 м² зеркала расплава составляет 800 кг в сутки. Площадь зеркала расплава равна 48 м². Суточная производительность печи 38 т расплава. Бассейн печи 1 в плане имеет прямоугольную форму с сужением к фидеру 2. Ширина бассейна 6,1 м, глубина 500 мм. Фидер 2 для выдачи расплава расположен по продольной оси печи. Верхний ряд стен бассейна на высоту 400 мм выложен из бакора, нижний ряд — из высокоглиноземистого кирпича. Дно бассейна печи выполнено из многошамотных брусьев, укладываемых на металлические полосы сечением 50×20 мм, лежащие на донных балках; свод и верхнее строение печи — из динаса. Топливом печи является мазут, сжигаемый четырьмя паровыми форсунками системы Шухова, установленными в щечках горелок. Воздух подогревается до 1273° К в обычных регенераторах с вертикальной решетчатой насадкой. Две камеры регенератора размещены в одном блоке 3 перед задней торцовой стеной ванной печи и объединены с ней горелками 4. Между горелками и насадкой регенератора расположены шлаковики. Насадка уложена на арках-хомутиках.

Верхняя часть насадки выполнена из шамота с повышенным содержанием глинозема, а нижняя — из обычного шамота. Наружная поверхность стен регенератора и кладка горелок покрыты газоуплотнительной обмазкой. Объем насадки одной камеры регенератора равен 48 м³, а поверхность нагрева насадки — 1050 м².

Направление пламени в печи изменяют с помощью дымовоздушных шиберных клапанов 5, установленных перед регенераторами на дымоотводящих боровах 6, идущих от поднасадочных каналов к дымовой трубе 7. Эти каналы за шиберами объединены в один, на котором установлен вертикальный шибер 8, служащий для регулирования давления в печи, а также для отключения печи на период ремонта. Измельченная до 2—3 мм шихта загружается в бассейн печи тонким слоем. Это способствует хорошему провару расплава и высокой производительности печи.

Шихта в печь загружается плунжерными загрузками 9, установленными по три с каждой стороны печи. Включаются загрузчики поочередно в зависимости от направления пламени печи. Равномерная загрузка шихты в печь увеличивает поверхность шихты, контактирующую с факелом пламени, ускоряя тем самым процесс плавления материала.

Регенератор работает следующим образом. Продукты сгорания топлива из печи посредством переключения дымовоздушных

шиберных клапанов *б* через определенные промежутки времени направляются в одну из двух камер регенератора и нагревают насадку. В это время через другую уже нагретую камеру регенератора продувается воздух, который, нагреваясь до 1273°K , подается на сгорание топлива в горелки *4* печи. Затем шибберные клапаны переключаются и направляются горячих газов и горячего воздуха в камерах регенератора меняются. Температура в печи достигает 1873°K , и минеральный расплав с температурой $1773\text{—}1673^{\circ}\text{K}$ выпускается из печи по каналу в фидер-питатель *2*.

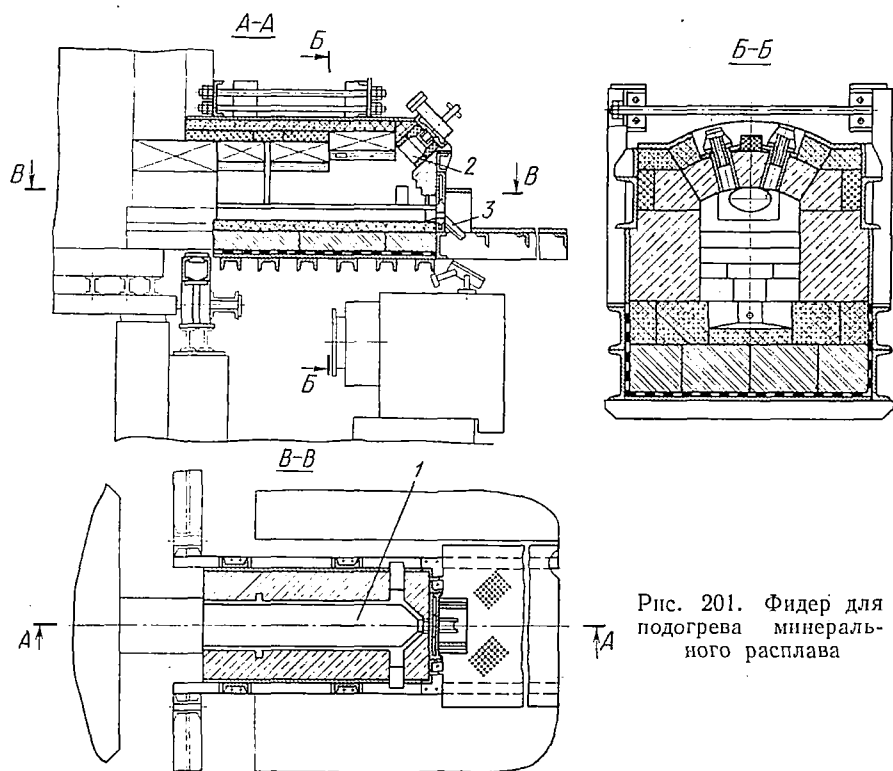


Рис. 201. Фидер для подогрева минерального расплава

Рядом с печью установлены пульты управления и теплового контроля.

Фидер (рис. 201) является промежуточным звеном между ванной печью и установкой волокнообразования и служит для подогрева и выдачи расплава с температурой около 1623°K . В плане бассейн фидера *1* имеет прямоугольную форму длиной 4000 мм, шириной 500 мм и глубиной 150 мм.

Фидер выложен послойно из бакора, динаса, шамота и шамота-легковеса; каркас — из профилированного проката и листовой стали. Топливом фидера является мазут, распыляемый форсун-

ками 2 высокого давления с двойным распыливанием. Отходящие газы из фидера поступают в подсводовое пространство ванной печи и удаляются вместе с дымовыми газами. Расплав из фидера на узел волокнообразования подается через лётку 3 с отверстием диаметром 30 мм. Лётка входит в водоохлаждаемую панель, уста-

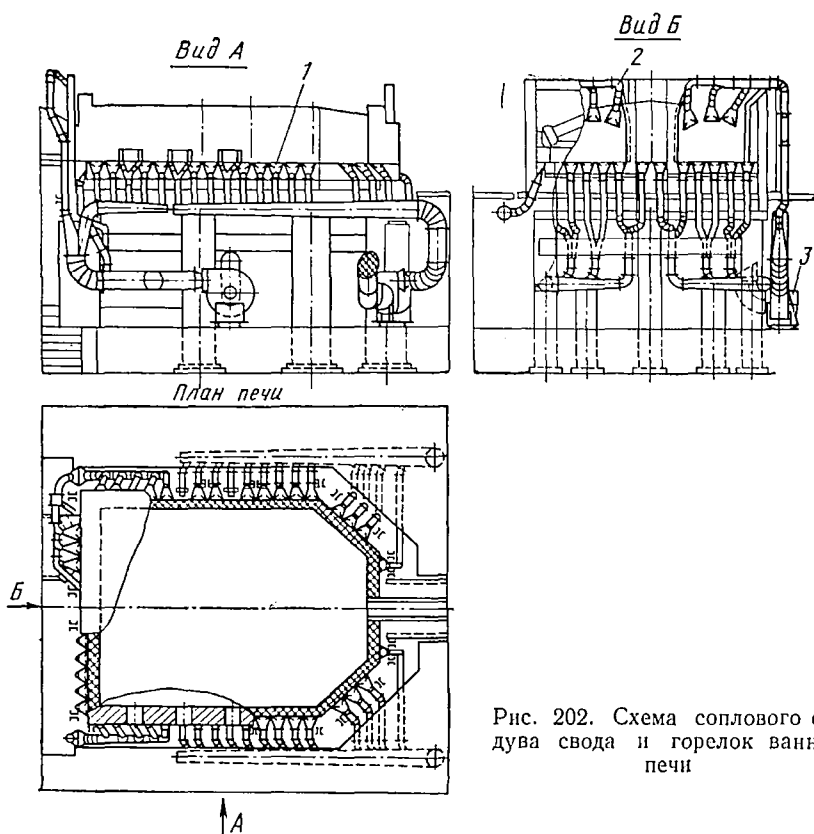


Рис. 202. Схема соплового обдува свода и горелок ванной печи

новленную с торца фидера. Лёточное отверстие расположено ниже зеркала расплава.

Площадь зеркала расплава фидера $1,2 \text{ м}^2$. Расход мазута на подогрев около 50 кг/ч . Давление мазута у форсунки 3 — $5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. Давление воздуха перед форсункой 500 мм вод. ст.

Для обдувания верхнего ряда брусьев стен бассейна печи, свода и щечек горелок установлены четыре вентиляционные установки 3. Обдувание производится с помощью щелевидных горизонтальных 1 и вертикальных 2 сопел. Схема соплового обдува дана на рис. 202. Скорость выхода воздуха из сопла 35 м/с ; расход воздуха на обдувание стен бассейна печи $0,65 \text{ м}^3/\text{с}$, на обдувание горелок — $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ на 1 м длины. Для экономии производственной площади цеха вентиляционные установки размещают под бассейном печи.

Глава II. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗДУВА РАСПЛАВА, ВОЛОКНООБРАЗОВАНИЯ И ВОЛОКНООСАЖДЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для направления струи расплава из вагранки или фидера ванной печи на волокнообразующий агрегат служит обычно лотка 1 (рис. 203, а), при этом дутьевую головку 2 располагают под углом $15-20^\circ$ к горизонтали на расстоянии $h = 10 \div 15$ мм от сопла до оси струи расплава. Для направления струи расплава

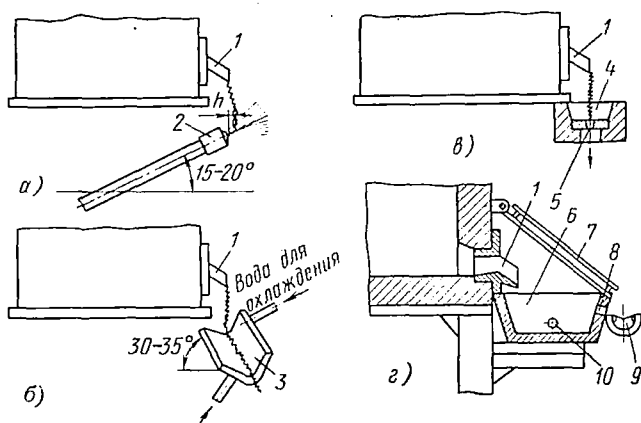


Рис. 203. Оборудование для направления струи расплава

на валки или диск центрифуги используют полый металлический лоток 3 (рис. 203, б), охлаждаемый проточной водой и устанавливаемый под углом $30-35^\circ$ к горизонтали.

Чтобы получить более тонкое волокно, струю расплава из лётки 1 вагранки или фидера ванной печи следует направлять в фильерное устройство 4 (рис. 203, в) на платиновую обогреваемую фильерную пластину 5, имеющую большое количество (до 50) отверстий — фильер диаметром $1,8-2,0$ мм, через которые тонкие струи расплава подаются на раздув.

При работе на шлаковом расплаве, а также для обеспечения более равномерной подачи и температуры расплава его направляют из лётки 1 вагранки или шлакоприемной печи в копильник 6 (рис. 203, в), который сверху защищен щитком 7, охлаждаемым водой. Из копильника через отверстие 8 стабильная струя расплава поступает в обогреваемый желоб 9 и из него на раздув. Отверстие 10 служит для выпуска жидкого металла и остатков расплава.

При производстве минеральной ваты применяют следующие способы раздува расплава: дутьевой, центробежный, центробежно-дутьевой и центробежно-валковый.

Дутьевой способ заключается в том, что непрерывная вертикальная струя расплава, вытекающая из лётки вагранки или фидера ванной печи, раздувается струями водяного пара или сжатого газа, рассекается и дробится на отдельные мелкие капли. Последние под действием кинематической энергии паровых или газовых струй во время полета вытягиваются в удлиненную грушевидную форму, превращаясь в тонкие волокна.

При этом струи пара или сжатого газа по отношению к струе расплава направляют сбоку и снизу вверх; диаметр струи расплава достигает 16—20 мм. Несмотря на специальные профили дутьевых головок, придающих струям пара или газа различные формы в целях максимального охвата струи расплава энергоносителем, при таком способе раздува остается большое количество стекловидных не вытянувшихся в волокна капелек расплава, так называемых «корольков», загрязняющих и увеличивающих объемный вес ваты, снижающих ее теплоизоляционные свойства и увеличивающих себестоимость.

§ 2. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ПРИ ДУТЬЕВОМ СПОСОБЕ

Дутьевой способ может быть осуществлен по схеме горизонтального или вертикального раздува.

Узел горизонтального раздува минерального расплава показан на рис. 204. Расплав из лётки вагранки поступает в лоток 4

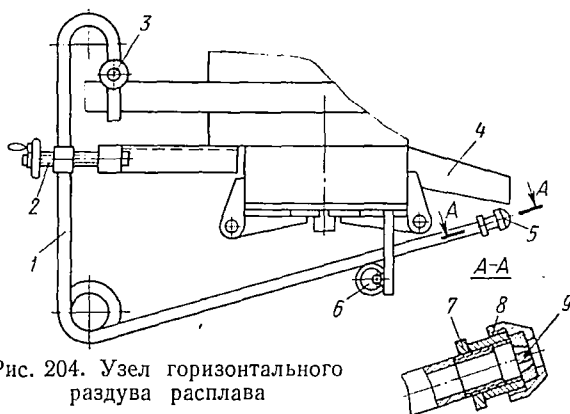


Рис. 204. Узел горизонтального раздува расплава

и, стекая, раздувается струями пара. Пар поступает через парораспределитель 3 по трубе 1 к дутьевой головке 5. Положение дутьевой головки регулируется по горизонтали винтовым устройством 2, перемещающим трубу с головкой в продольном направлении, а по вертикали — при помощи опорного эксцентрикового валика 6. Дутьевая головка снабжена контргайкой 7 для фиксации положения на конце трубы корпуса 8 дутьевой головки, который заканчивается соплом 9. Обрез сопла устанавливается на

расстоянии 2—10 см от струи расплава. Длина струи расплава от схода с лотка до места удара об нее струи пара $\approx 5 - 10$ см.

На рис. 205, *а, б* показаны типы применяемых сопел и формы выходных отверстий сопел.

Применяемый реже вертикальный раздув характеризуется тем, что вытекающая струя расплава и струи пара или газа направлены вертикально вниз (рис. 206). Расплавленная стекломасса вытекает через отверстие фидера печи 1 и раздувается струями пара или газа, поступающими через отверстия кольцевого сопла 2.

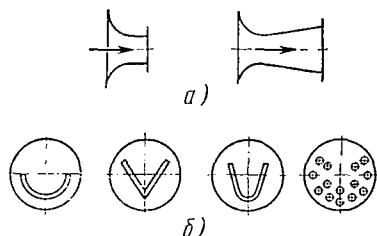


Рис. 205. Типы и формы сопел

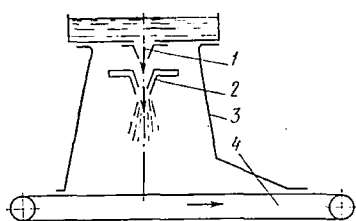


Рис. 206. Схема вертикального раздува

Волокно осаждается в низу вертикальной камеры 3 на сетчатый конвейер 4, который выводится из камеры и несет на себе ковер осажденной ваты заданной толщины (в зависимости от скорости конвейера) для дальнейшей обработки.

§ 3. ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ И ЦЕНТРОБЕЖНО-ВАЛКОВЫЙ СПОСОБЫ ВОЛОКНООБРАЗОВАНИЯ

Центробежный способ волокнообразования минеральной ваты основан на том, что минеральный расплав подвергается воздействию центробежных сил инерции при подаче струй расплава на быстровращающиеся диски или валки.

На рис. 207 показана схема одноступенчатой центробежной установки с одним металлическим или керамическим диском, вращающимся с окружной скоростью 40—60 м/с. Струя расплава из отверстия 1 фидера печи подается по центру вращающегося диска 2. Под действием центробежной силы инерции расплав растекается по диску и слетает с диска в виде волокон, которые оседают в камере 3 на сетчатый конвейер 4.

Центробежно-валковый способ волокнообразования: струи расплава, вытекающие из плавильного агрегата, сначала попадают на валок 1 (рис. 208) диаметром 200 мм, вращающийся с окружной скоростью около 30 м/с, который расщепляет струи расплава и передает его в виде струек и капель на валок 2 диаметром 200 мм окружной скоростью около 40 м/с. Валок 2 перерабатывает значительное количество расплава, сбрасывая образовавшееся волокно по направлению своего вращения. Оставшаяся часть рас-

плава с вала 2 передается на валок 3 диаметром 250 мм с окружной скоростью около 60 м/с. Этот валок, как и валок 2, является основным волокнообразователем. Оставшийся расплав попадает на валок 4, имеющий диаметр 250 мм и окружную скорость вращения около 65 м/с. Большие окружные скорости валков позволяют получать более тонкое волокно.

Волокна, образующиеся от вращения валков центрифуги, отбрасываются центробежной силой и, теряя начальную скорость, уносятся воздушным потоком, создаваемым специальными вентиляторами, в камеру осаждения, где осаждаются на поверхности сетчатого конвейера. Корольки же сбрасываются вниз и попадают

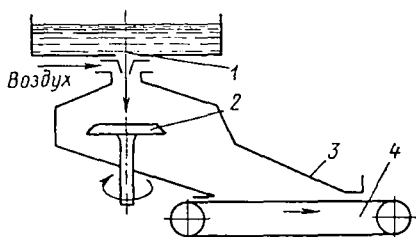


Рис. 207. Схема одноступенчатого центробежного раздува

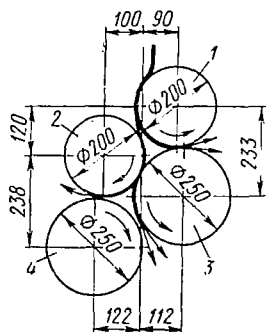


Рис. 208. Схема многовалковой центрифуги

на винтовой конвейер, который транспортирует их за пределы камеры осаждения. Перед началом работы поверхности валков должны быть разогреты до температуры, обеспечивающей течение расплава. Холодный валок отбрасывает расплав, не перерабатывая его в волокно.

В технологической линии для производства минеральной ваты, матов и плит в качестве волокнообразующего агрегата может быть применен любой из описанных выше в зависимости от наличия энергоносителя для раздува расплава и расположения агрегатов в цехе.

Обычно волокнообразующий агрегат оборудуют механизмом передвижения и устанавливают на поперечном рельсовом пути для возможности быстрой замены его резервным.

§ 4. МНОВОАЛКОВАЯ ЦЕНТРИФУГА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

Многовалковая центрифуга типа Ц-6 (рис. 209) предназначена для получения ваты с направленным распределением волокна. Она представляет собой отдельный агрегат, несущий на себе все узлы, оборудование и двигатели, обеспечивающие процесс центрифугирования минерального расплава и получение ваты.

Центрифуга с вентилятором и электродвигателями монтируется на раме 1 приводной тележки 2, которая устанавливается на рельсовой колее шириной 900 мм перпендикулярно продольной оси технологической линии получения минераловатных ковров и передвигается с помощью мотора-редуктора 3, передающего движение цепью через звездочку на одну из осей тележки.

Минеральный расплав из вагранки или печи поступает на охлаждаемый водой приемный желоб 4 центрифуги и непрерывной струей сливается на четыре валка 5 центрифуги, расположенные под желобом (см. рис. 208). При этом два верхних валка диаметром 200 мм приводятся во вращение от электродвигателей мощностью 4 кВт каждый, а два нижних диаметром 250 мм — от электродвигателей мощностью 7,5 кВт каждый.

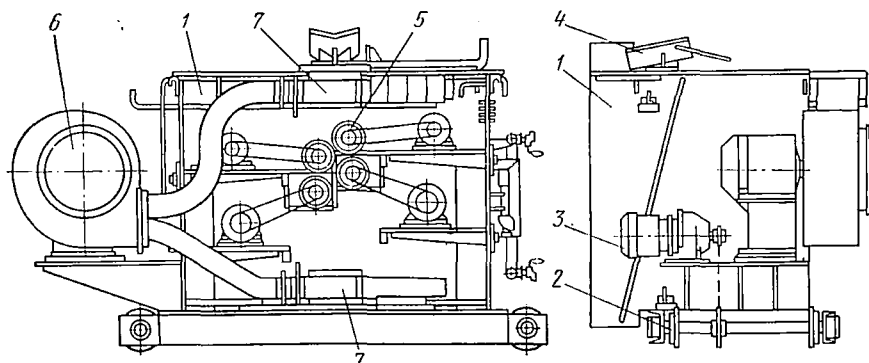


Рис. 209. Многовалковая центрифуга типа Ц-6

Конструкция полых валков и подшипниковых узлов центрифуги позволяет подвести водяное охлаждение к подшипникам со стороны внутреннего и наружного колец, охлаждая при этом ступицу валка с внутренней стороны, а также валки с внешней стороны водяным душем и, кроме того, вводить связующее через полые валы посредством специальных насадок.

Для контроля расхода воды на охлаждение валков установлены счетчики-ротаметры. Во избежание комкования при сходе с волокнообразующих валков волокна подхватываются направленным потоком воздуха. Для этого на раме тележки центрифуги установлен центробежный вентилятор 6 производительностью 15 000 м³/ч, подающий воздух через два направляющих аппарата 7, расположенные один над валками, а другой под ними.

Волокно, образующееся на валках, подхватывается струйным отдувом и переносится в камеру осаждения. При этом перераспределение траекторий витания волокна и перемещения ваты по ширине камеры волокноосаждения производится изменением угла ориентирующих стабилизаторов направляющих аппаратов 7. Центрифуга Ц-6 рассчитана на производительность от 700 до 3000 кг минеральной ваты в час.

Максимальная окружная скорость на валках — 63 м/с. Установленная мощность электродвигателей центрифуги и вентилятора к ней составляет 35 кВт. Размеры центрифуги: длина 3440 мм, ширина 1800 мм и высота 2100 мм.

Мощность электродвигателей валков центрифуги

$$N = \frac{Tv}{75\eta}, \quad (282)$$

где T — сила на поверхности валка в Н;

$$T = G_p K \frac{\mu d}{D} + G_v \frac{\mu d}{D};$$

v — окружная скорость на поверхности валка в м/с; η — к. п. д.; G_p — массовый расход расплава в кг/с; $K = 1,3$ — коэффициент задержки расплава; G_v — масса валка в кг; D — диаметр валка в м; d — диаметр цапфы валка в м; $\mu = 0,004$ — приведенный коэффициент трения подшипников качения.

§ 5. ЦЕНТРОБЕЖНО-ДУТЬЕВОЙ СПОСОБ

Струя расплава, падая из летки плавильного агрегата на быстро вращающийся диск или чашу, отбрасывается центробежной силой к периферии диска. Расплав растекается в виде тонкой пленки, а затем при сходе жидкой пленки с края диска или чаши подхватывается паром и раздувается в тонкие волокна. Так как под воздействием энергоносителя попадает тонкая пленка или струйка расплава, последний вытягивается в волокна почти без образования корольков, превращаясь в вату объемной массы, не превышающей 80—100 кг/м³.

Агрегат центрифуги (рис. 210) представляет собой тележку 1, на которой смонтированы рама 2 центрифуги и электродвигатель 3. Сама центрифуга имеет шпиндель, рабочий диск, привод и пародутьевую коробку.

Шпиндель центрифуги — сварной пустотелый вал 4 опирается на два шарикоподшипника 5, установленные в сварном корпусе 6. Шпиндель заканчивается конусом с резьбовым цилиндрическим участком, на который навинчивается рабочий полый диск 7, охлаждаемый водой, которая подается через шпиндель от водораспределительной коробки 8. Со стороны водораспределительной коробки на шпиндель надевают звездочку 9 или клиноременный шкив, получающие вращение от электродвигателя 3 мощностью 1,7 кВт. Частота вращения диска — 1050 об/мин. Дутьевая коробка 10 представляет собой сварное полое кольцо с 80 конусными соплами с внутренним диаметром 7 мм и наружным 3 мм и расположенными концентрично вокруг рабочего диска.

Пар или сжатый воздух поступает в коробку из магистрали по гибкому бронированному шлангу 11. Раму центрифуги крепят к раме тележки шарнирно, и ее можно устанавливать под различ-

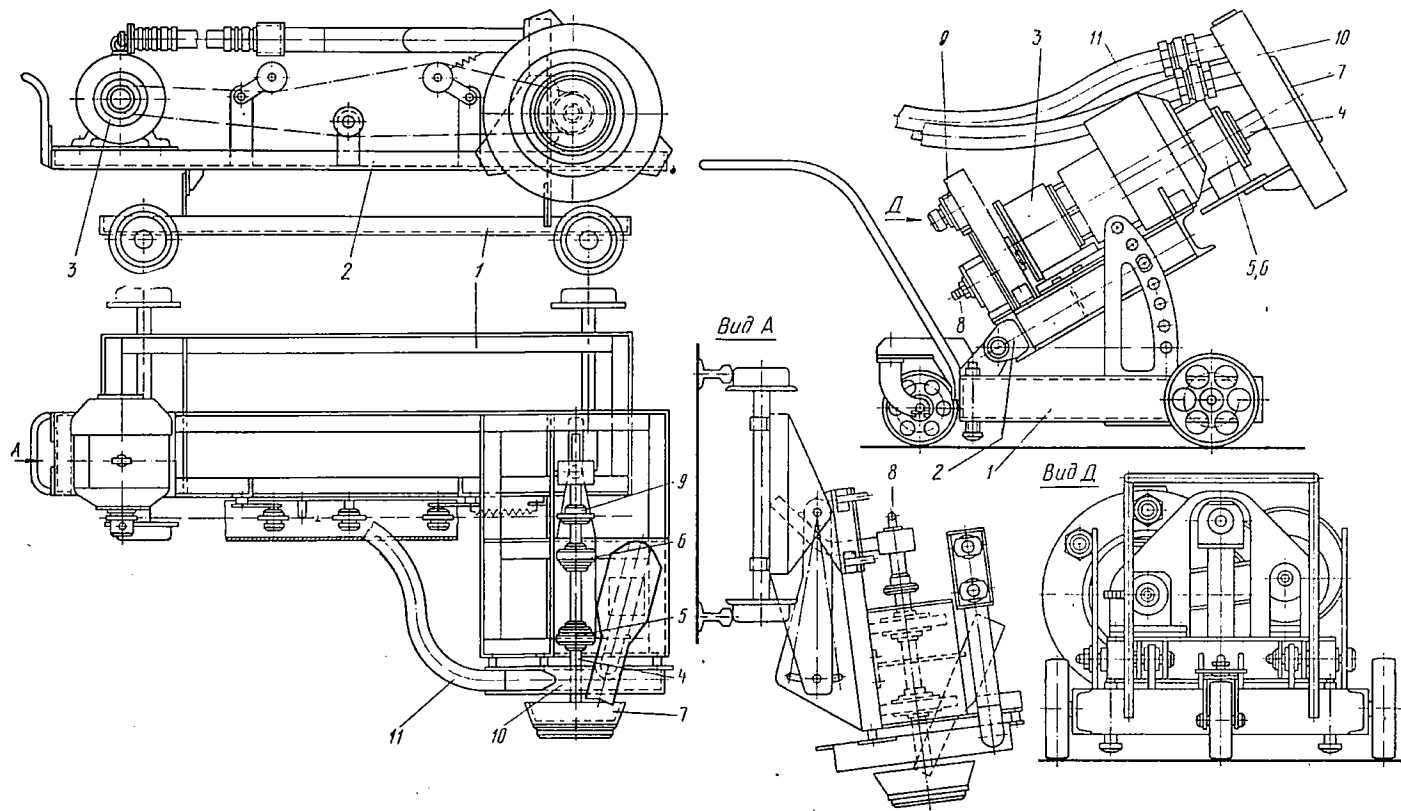


Рис. 210. Дисконная центрифуга

ным углом к горизонту. Давление пара при температуре до 573° К составляет 6 Н/см². Производительность центрифуги по расплаву — 1600—1800 кг/ч; габаритные размеры 1730 × 1185 × 700 мм, масса 217 кг.

Агрегат монтируют на тележке для откатывания из-под копильника или фидера при чистке и ремонте. Для бесперебойной работы у каждого плавильного агрегата ставят две центрифуги.

Расход пара на раздув

$$B_p = 1,99 F_{\text{мин}} \mu \sqrt{\frac{p_1}{v_1}} = \frac{B_p G_{\text{уд. п.}} \cdot 10^6}{3600}. \quad (283)$$

При раздуве насыщенным паром суммарное критическое сечение У-образной щели или всех отверстий дутьевой коробки должно быть не менее

$$F_{\text{мин}} = \frac{B_p G_{\text{уд. п.}} \cdot 10^6}{3600 \cdot 1,99 \sqrt{\frac{p_1}{v_1}}}, \quad (284)$$

где B_p — количество раздуваемого на 1 ч расплава в т; $G_{\text{уд. п.}}$ — удельный расход пара, принимаемый для жидкотекучего расплава равным 800 кг/ч и для нормальной текучести расплава 1000—1200 кг/ч; $\mu = 0,75 \div 0,95$ — коэффициент трения, зависящий от состояния граней отверстия; p_1 — начальное давление пара в Н/м²; v_1 — удельный объем пара в м³/кг.

При давлении пара у дутьевой головки, равном 4, 5, 6, 7 и 8 Н/см², значения $\sqrt{\frac{p_1}{v_1}}$ соответственно равны: 292, 364, 433, 503 и 572. Давление пара на паровой гребенке на 0,5—1,0 Н/см² больше.

При использовании перегретого пара вместо коэффициента 1,99 следует брать 2,09, для воздуха — 2,14, для продуктов сгорания при 1000° К — 2,12.

На полноту раздува в основном влияет весовой расход B_p энергоносителя. Давление же p_1 играет важную роль при конструировании дутьевых головок.

§ 6. КАМЕРА ВОЛОКНООСАЖДЕНИЯ ОБЫЧНОГО ТИПА

Камера волокноосаждения служит для приема минерального волокна, поступающего от узла раздува, осаждения этого волокна и выдачи его в виде слоя ваты равномерной толщины и плотности, а также для удаления большей части корольков и запыленных отходящих газов паровоздушной смеси.

Камера (рис. 211) состоит из свободно устанавливающейся в нужном положении дутьевой горловины 1, принимающей волокна от узла раздува, металлического каркаса 2, обшитого листовой сталью и покрытого с внешней стороны тепловой изоляцией, и рамы транспортера 3. Рабочая часть транспортера выполнена

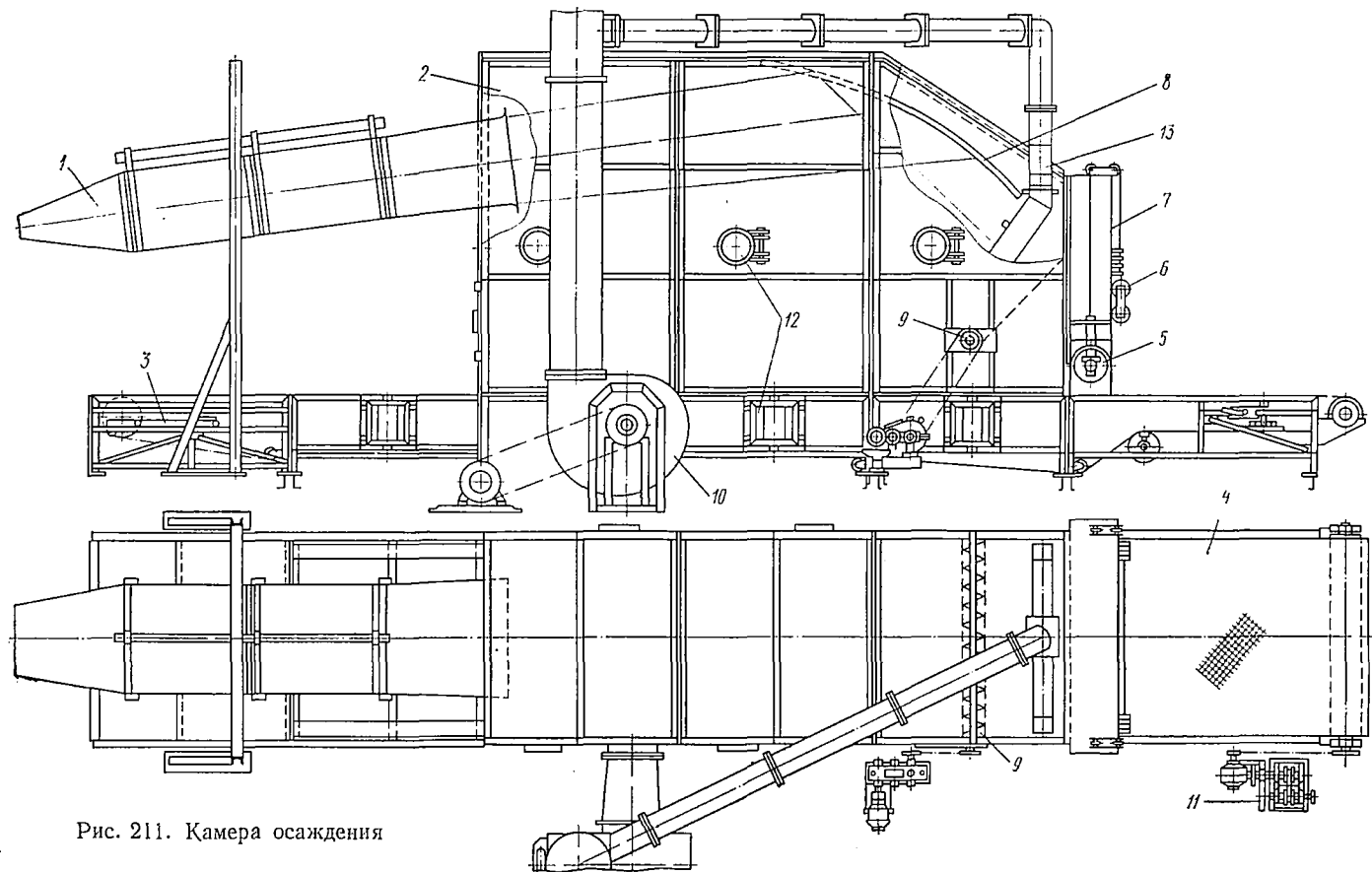


Рис. 211. Камера осаждения

из металлической сетки 4 на тяговой цепи. На движущейся сетке транспортера оседают волокна, образуя ковер из ваты. При выходе из камеры ковер ваты уплотняется до заданной объемной массы с помощью уплотняющего устройства, состоящего из прижимного барабана 5 с противовесами 6 и закрывающего выходную щель короба 7. Корольки, имеющие большую массу и, следовательно, обладающие большей кинетической энергией, чем волокна, летят до конца камеры, проходят через отверстия отбойной сетки 8 и поступают в желоб, из которого удаляются винтовым транспортером 9. Паровоздушная смесь из камеры отсасывается вентилятором 10 через сетку конвейера, что одновременно способствует осаждению и равномерному распределению волокна на поверхности сетки. С целью предупреждения выбивания волокон и паровоздушной смеси из камеры в ней поддерживается разрежение 3—5 мм вод. ст.

Привод транспортера 11 с вариатором скорости позволяет регулировать толщину слоя ваты. Для очистки камеры в ней устроены окна с дверцами 12.

Необходимую для получения заданной толщины слоя ваты скорость сетки транспортера камеры определяют по формуле

$$v = \frac{A}{60bh\lambda}, \quad (285)$$

где A — задаваемая производительность вагранки в кг/ч; b — рабочая ширина камеры (слоя ваты) в м; h — заданная высота слоя ваты в м; λ — объемная масса выдаваемого с транспортера слоя ваты в кг/м³.

Для удаления из камеры смеси пара и эжектируемого воздуха, а также подачи части их на рециркуляцию 13 для поддержания заданного температурного режима в камере применяют вентиляторы среднего давления. Температурный режим работы камеры характеризуется температурой выбрасываемой из нее паровоздушной смеси. Колебания этой температуры зависят в основном (при постоянной температуре расплава) от количества засасываемого в камеру воздуха и от принятой технологии.

Камеры обычного типа выпускаются с рабочей шириной 1650 или 2050 мм для выработки ковра ваты шириной 1600 или 2000 мм соответственно. Длина корпуса камеры в обоих случаях равна 10 000 мм.

Скорость сетчатого транспортера камеры регулируется вариатором привода в пределах 0,3—2,7 м/мин в зависимости от толщины получаемого слоя ваты. Мощность электродвигателя транспортера камеры составляет 1,7 кВт, винтового транспортера — 1 кВт и вентилятора — 20 кВт.

Габаритные размеры камеры длина 13 750 мм, ширина около 4000 мм и высота без вентиляционных коробов около 4300 мм. Масса камеры около 12 000 кг.

§ 7. КАМЕРА ВОЛОКНООСАЖДЕНИЯ БАРАБАННОГО ТИПА

Камера волокноосаждения барабанного типа диаметром 2000 мм и шириной 2050 мм предназначена для осаждения волокон минеральной ваты, получаемой с центрифуги или других волокнообразующих аппаратов на перфорированный барабан, и для формирования минераловатного ковра.

Камера (рис. 212) состоит из следующих узлов: собственно камеры или кожуха 1, который собирается из металлических щитов, ограничивающих полость осаждения волокон и соединенных болтами. Кожух крепят на раме 2, на которой монтируют и все остальные узлы камеры, в том числе перфорированный барабан 3 с наружным диаметром 2000 мм. Отверстия перфорации диаметром 16 мм занимают 45% всей поверхности барабана. Барабан имеет цевочный венец 4 и два бандажа 5, при помощи которых он вращается на четырех роликовых опорах 6.

Внутри перфорированного барабана на опорных стойках станины неподвижно смонтирован барабан отсоса 8, имеющий с двух сторон конусные патрубком 9 с фланцами для присоединения к двум вентиляторам, установленным с двух сторон камеры. В барабане отсоса со стороны центрифуги имеется окно в виде сектора ($\varphi = 40^\circ$) по окружности барабана на всю ширину камеры для направленного осаждения волокна. Внутри барабана отсоса смонтировано шнековое устройство 10 из двух шнеков с правой и левой навивкой и со своим приводом для эвакуации просеивающихся в барабан корольков и волокон ваты.

Для очистки перфорированного барабана снаружи и внутри поставлены две проволочные щетки 11 и 12, которые приводятся во вращение от цевочного венца с помощью промежуточных зубчатых и цепных передач.

Для формования ковра ваты заданной толщины и объемного веса, образываемого на поверхности перфорированного барабана, в верхней его части под углом 45° к вертикали устанавливают подпрессовочный барабан 13, качающийся на рычагах с передвижными противовесами 14.

Для получения ковра ваты малых толщин (до 50 мм) и заданного объемного веса устанавливают сменные обрезиненные колеса нужного диаметра, которые закрепляются на цапфах подпрессовочного барабана 13, и формируя ковер, перекачиваются по бандажам перфорированного барабана. Для очистки поверхности барабана устроено скребковое устройство 15 с противовесом. Для съема и отбора отформованного ковра ваты, сходящего с перфорированного барабана, с выходной стороны установлен приводной рольганг 16, скорость которого синхронизирована с окружной скоростью перфорированного барабана с помощью цепной и зубчатых передач, получающих движение от общего регулируемого привода камеры. Ролики приводятся от бесшумной зубчатой цепи, заключенной в маслянную ванну. Перфорированный барабан,

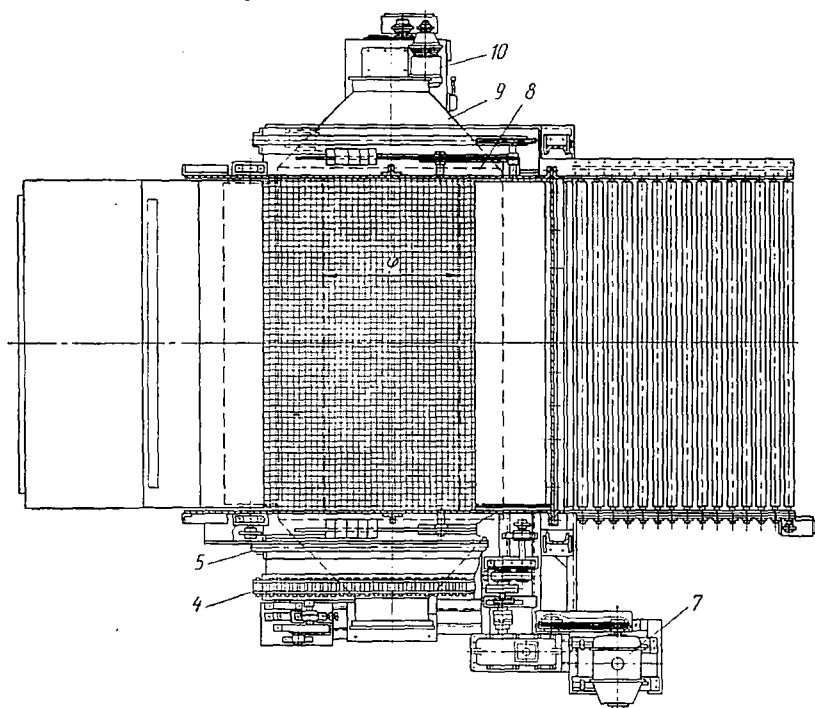
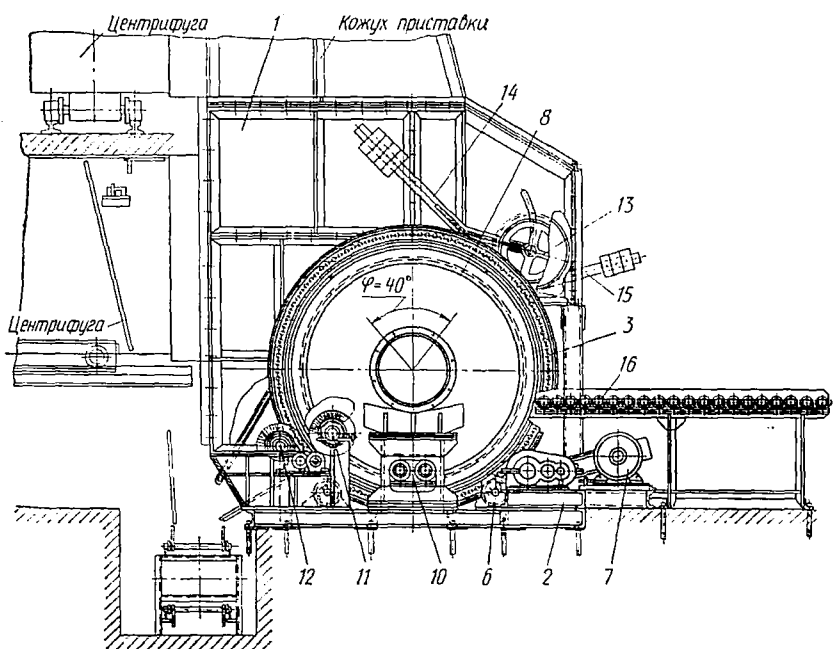


Рис. 212. Камера волокноосаждения барабанного типа

щетки и ролики рольганга приводятся от одного общего регулируемого привода 7 мощностью 4 кВт с числом оборотов от 150 до 1500 в минуту, установленного на общей раме камеры.

Производительность камеры зависит от производительности волокнообразующего аппарата — центрифуги и от толщины ковра, которая в свою очередь, зависит от окружной скорости вращения перфорированного барабана. Скорость вращения перфорированного барабана может меняться от 2,66 до 26,6 м/мин.

Камера волокноосаждения барабанного типа имеет ширину 2050 мм и выдает ковер ваты шириной 2000 мм. Окружная скорость вращения перфорированного барабана камеры регулируется приводом постоянного тока в пределах 2,66—26,6 м/мин.

Камера имеет следующие габариты: длина 5100 мм, ширина 4980 мм и высота 3400 мм. Общая масса камеры 10 700 кг.

Работа камеры барабанного типа происходит следующим образом. Волокна, попадая в кожух камеры, который соединен с кожухом центрифуги или другого волокнообразующего аппарата, увлекаются просасываемым воздухом и осаждаются на поверхности вращающегося перфорированного барабана.

Толщина ковра ваты зависит от изменения скорости вращения барабана от 2,66 до 26,6 м/мин. Выйдя из сектора присоса, ковер ваты уплотняется подпрессовочным барабаном 13 до заданных толщины и объемного веса. При дальнейшем вращении барабана сформованный ковер подается на приводной рольганг 16, а затем на дальнейшую пропитку или резку и упаковку. Просеивающиеся внутрь барабана корольки и волокна ваты удаляются с помощью шнекового устройства 10. Во время работы перфорация барабана очищается снаружи и изнутри двумя проволочными щетками 11 и 12.

Мощность привода барабана камеры волокноосаждения определяется исходя из расчета преодоления суммы моментов сопротивлений, приведенных к оси барабана:

$$\sum M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6,$$

где M_1 — момент трения качения бандажей барабана по опорным роликам;

$$M_1 = \frac{G_6 + G_m + P_{\text{пр}}}{\cos \psi} (R_1 - r_1) f_1 m,$$

G_m и G_6 — масса барабана и материала (ваты) в кг; $P_{\text{пр}}$ — сила подпрессовки в Н; ψ — угол между вертикалью и линией центров барабана и опоры роликов в град; R_1 — радиус бандажа в м; r_1 — радиус опорного ролика в м; f_1 — коэффициент трения качения; m — число опорных роликов; M_2 — момент трения в подшипниках качения опорных роликов;

$$M_2 = \frac{G_6 + G_m + P_{\text{пр}}}{\cos \psi} \mu R_1 r_2 m ;$$

M_3 — момент трения в подшипниках качения щеток;

$$M_3 = \frac{G_{щ}}{\cos \psi} \mu R_1 r_3 m_1;$$

M_4 — момент трения в подшипниках качения подпрессовочного барабана;

$$M_4 = \frac{P_{пр}}{\cos \psi} \mu R_1 r_4;$$

$G_{щ}$ — масса щетки в кг; μ — коэффициент трения в подшипниках качения; r_2 , r_3 и r_4 — радиусы цапф опорных роликов, щетки и подпрессованного барабана в м; m_1 — количество щеток; M_5 — момент трения материала о барабан;

$$M_5 = G_m f_2 R;$$

f_2 — коэффициент трения материала о барабан; R — радиус барабана в м; M_6 — момент, необходимый для подъема материала (ваты) при вращении барабана;

$$M_6 = G_m H;$$

H — условная высота подъема материала в м.

Мощность привода барабана камеры

$$N_{пр} = \frac{\sum M n_6}{71 \cdot 620 \eta},$$

где n_6 — частота вращения барабана в об/мин; η — к. п. д. привода.

Мощность электродвигателя привода определяется по формуле

$$N_{дв} = \frac{N_{пр}}{1,36 \eta_{дв}}, \quad (286)$$

где $\eta_{дв}$ — к. п. д. электродвигателя.

Глава III. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛОВАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Как видно из общей схемы производства минераловатных изделий (рис. 213), минеральный расплав, полученный в вагранке 1 или в ванной печи 2, может быть подан на раздув прямо из лётки 3 или направлен на раздув через охлаждаемый водой желоб 4. Для получения многоструйного раздува расплав из лётки направляют в фильерный питатель 5, на дне которого уложена платиновая фильера с большим количеством отверстий (фильер).

Расплав из ванной печи, как правило, а из вагранки иногда, направляется сначала в обогреваемый фидер или копильник 6, а уже из него в желоб или в фильерный питатель. Далее струя расплава направляется на раздув дутьевым способом (горизонтальным соплом 7 или вертикальным соплом 8 с помощью паровых форсунок) или центробежно-дутьевым способом (посредством горизонтальной 9 или вертикальной 10 центрифуги), а также центробежно-валковым способом посредством быстровращающихся валков 11.

Поток манераловатных нитей, получаемых при раздуве, через канал 12 направляется в камеру волокноосаждения обычного 13 или барабанного 14 типа. Камеры оборудованы форсунками 15 для опрыскивания осаждающейся ваты небольшим количеством (до 5% по весу) битумной связки. Из камеры готовый непрерывный ковер ваты заданной толщины направляется на поточную линию № 1, где взвешивается на автоматических весах 1 и, в зависимости от требований производства и заказчика, режется по ширине ножами 3 продольной резки и по длине ножом 4 поперечной резки, после чего ковер закатывается в рулоны на станке 5. Ковер ваты может быть также обложен бумагой с одной или двух сторон на станке 2, который устанавливается перед станком для продольной резки.

Минераловатный ковер из камеры волокноосаждения может быть направлен и на поточные линии № 2, № 3, № 4 или № 5. На поточной линии № 2 для производства прошивных матов и плит ковер направляется на приемный конвейер 1, слегка подпрессовывается на станке-подпрессовщике 2 и направляется на станок 3 для обкладки бумагой или сеткой, а из него на станок 4 для прошивки. Прошитый ковер разрезается на полосы заданной ширины на станке 5 для продольной резки, а станке 6 поперечной резки отрезается на заданную длину и рулонировается в рулоны на станке 7.

На поточной линии № 3 получают полужесткие маты и плиты, пропитанные синтетическими связками. При этом ковер ваты из камеры волокноосаждения поступает на промежуточный конвейер 1, а затем в камеру 2, где ковер пропитывается методом разбрызгивания или полива. Пропитанный связкой ковер поступает далее в конвейерную камеру полимеризации 3, конструкция которой показана на рис. 216. После камеры полимеризации ковер поступает в камеру 4 охлаждения, разрезается на полосы заданной ширины ножами 5 продольной резки, и отрезаются плиты заданной длины ножом 6 поперечной резки, после чего плиты контролируются и упаковываются на станке 7.

Для получения жестких минераловатных плит ковер ваты после камеры волокноосаждения подается в трепальное устройство 1 поточной линии № 4. Полученные в трепальном устройстве ватные хлопья подаются наклонным транспортером 2 в весовой дозатор 3 сырой ваты, а оттуда в смеситель 4 гидромассы. Одно-

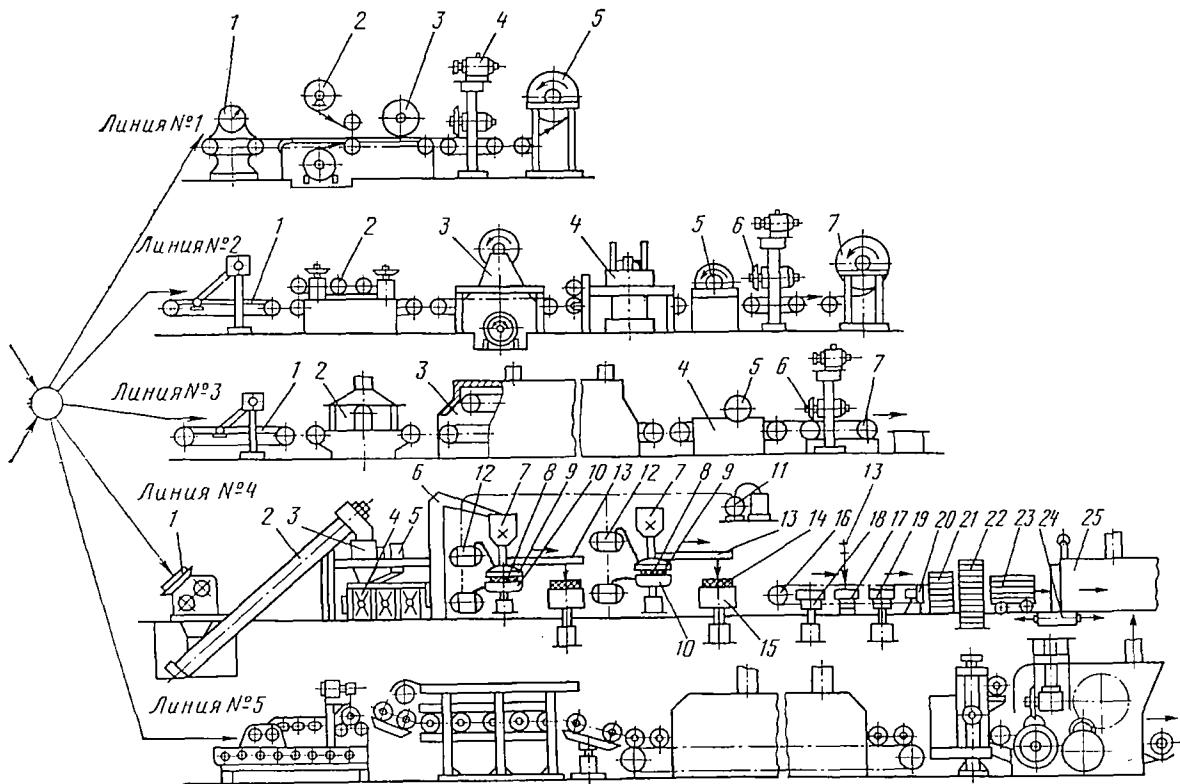
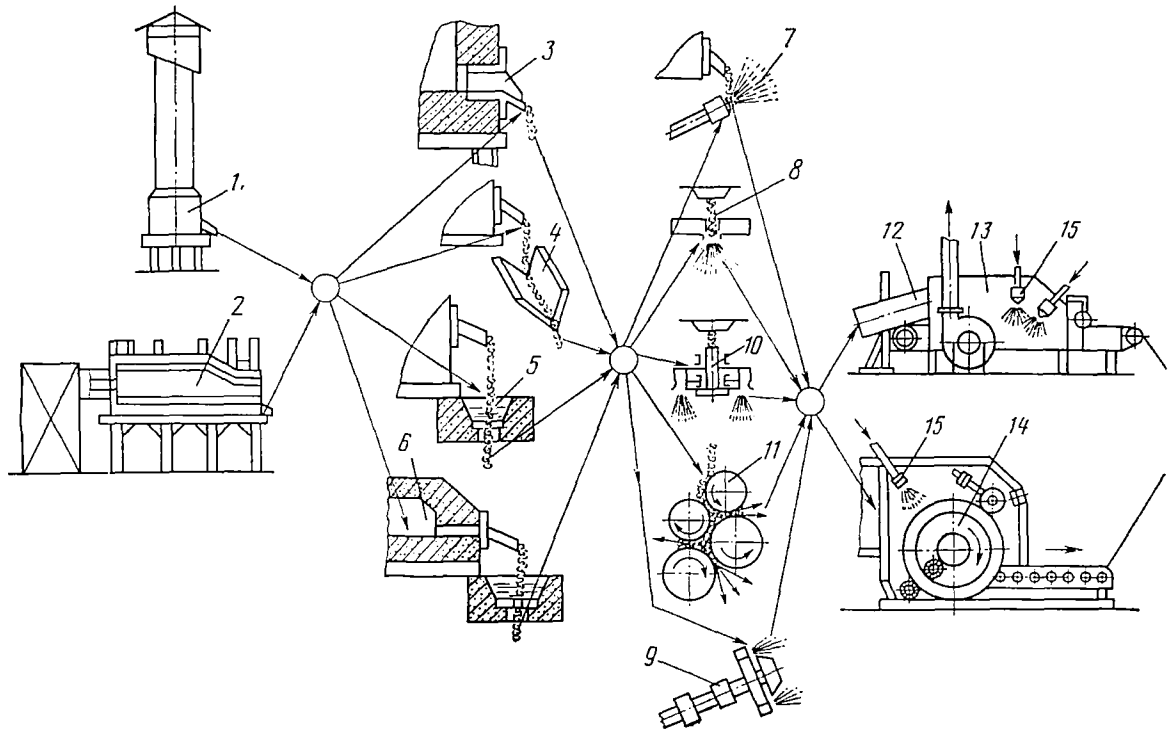


Рис. 213. Общая схема производства минераловатных изделий

временно из дозатора 5 битумной эмульсии в смеситель 4 гидро-массы автоматически подается порция битумной эмульсии или пульпы заданного состава.

После перемешивания гидро-масса из гидросмесителя подается вертикальным ковшовым элеватором 6 через дозаторы 7 гидро-массы в формовочные станки 8 для формования жестких плит. Вакуум-щит 9 и вакуум-камера 10 формовочного станка работают от вакуум-насоса 11 через воздухохборники 12. Отформованные плиты подаются вакуум-щитом по монорельсу 13 на поддоны 14 укладчика 15. Плиты на поддонах подаются конвейером 16 через промежуточный стол 17 на укладчики 18 и 19. Эти укладчики с помощью центрирующего устройства 20, пневматического толкателя 21 и подъемника 22 укладывают плиты с поддонами на сушильные вагонетки 23, которые с помощью толкателя 24 подаются в сушилки 25.

Подробно конструкция и работа отдельных агрегатов этой линии описаны ниже в § 5, стр. 357. Для получения минераловатных цилиндров и скорлуп ковер ваты направляется на приемный конвейер поточной линии № 5. Описание этой линии и конструкции отдельных агрегатов см. в гл. V, стр. 377.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛОВАТНЫХ МАТОВ И ПЛИТ

Технологическая линия (рис. 214) для производства минераловатных матов и плит включает следующие агрегаты и оборудование.

1. Ватержакетную вагранку 1 с копильником-гомогенизатором либо ванную печь для минерального расплава или печь-шлакоприемник при использовании шлака металлургического производства. В последнем случае расплавленный шлак прямо в шлаковозном ковше с помощью специальной установки подвергается операции подкисления, после чего сливается в печь-шлакоприемник.

2. Лёточную панель или фильерное устройство 2 с рядом отверстий, которые обеспечивают отбор верхних, наиболее разогретых слоев расплава и относительно равномерное истечение его на волокнообразующий агрегат.

3. В качестве волокнообразующего агрегата могут быть установлены узел раздува с дутьевой головкой или многовалковая центрифуга 3 с направленным отдувом волокна, или дисковая центрифуга с вертикальной или горизонтальной осью вращения, либо центробежно-дутьевой или газоструйный волокнообразующий агрегат (см. гл. II).

4. Для равномерного осаждения волокна устанавливают либо обычную камеру осаждения с сетчатым транспортером 4, либо камеру барабанного типа, как показано на рис. 212.

5. В конце приводного рольганга барабанной камеры волокноосаждения или в конце сетчатого конвейера 5 обычной камеры

осаждения после барабана подпрессовки в линию устанавливают автоматические ленточные весы 6 для непрерывного взвешивания выходящего из камеры волокноосаждения минераловатного ковра.

6. Для облицовки минераловатных ковров и матов обычной или гофрированной бумагой установлено устройство 7 для обкладки ковра бумагой и рулонирования ковра с ножом 8 продольной резки и автоматическим ножом 9 для поперечной резки. Вместо устройства для обкладки бумагой может быть установлено устройство для производства матов на металлической сетке.

7. Если на данной линии предусматривается также и производство минераловатного войлока, матов и плит на битумной связке или полужестких и жестких матов и плит, пропитанных различными синтетическими связками, то в линию на место устройства 7 для обкладки бумагой и автоматического ножа 9 для поперечной резки устанавливают промежуточный приводной транспортер 10, а непосредственно за ним — установку 11 для пропитки ковра связкой.

8. За устройством 7 монтируют три или больше секций камеры полимеризации 12; количество секций определяется производительностью и временем полимеризации ковра заданной толщины.

9. После камеры полимеризации ковер поступает в камеру охлаждения 13, оборудованную дисковыми ножами 14 для продольной резки ковра на заданную ширину.

10. Охлажденный ковер подается на установленный в конце линии нож 15 поперечной резки, где он режется на заданную

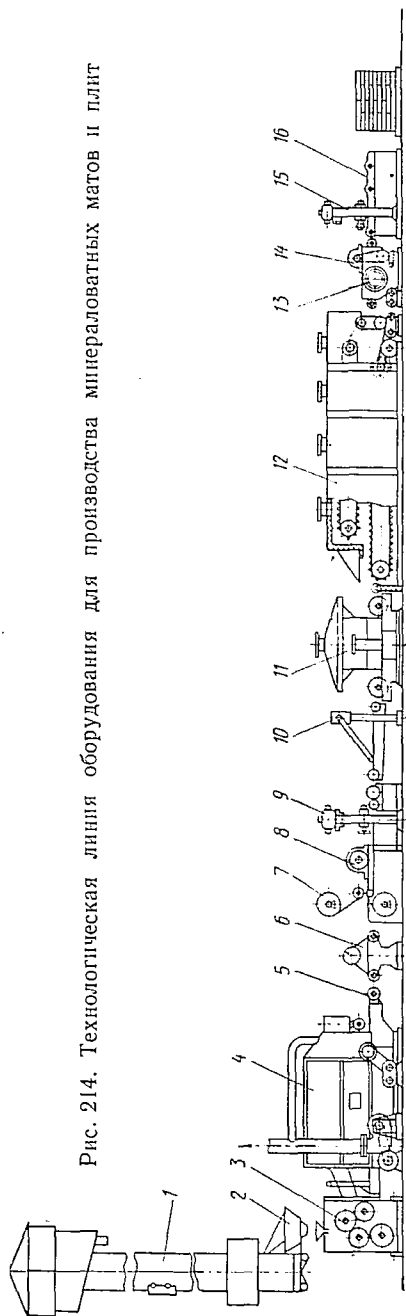


Рис. 214. Технологическая линия оборудования для производства минераловатных матов и плит

длину плит, которые затем поступают на стол 16 контроля и упаковки готовой продукции.

Описанное оборудование и вся линия для производства минераловатных матов и плит работают следующим образом. Минераловатный расплав заданного химического состава из ватержакетной вагранки 1 либо из ванной печи, нагретый до температуры 1573—1673° К, через леточную панель или фильерное устройство 2 поступает непрерывной струей на волокнообразующий агрегат 3, где перерабатывается в волокно. Направленные струи воздуха, устраняющие возможность комкования, подхватывают волокно и несут его в камеру 4. Волокно в камере равномерно осаждается на сетчатом конвейере, под которым создается разрежение. С транспортера камеры ковер поступает на ленточные весы 6 непрерывного взвешивания и затем на транспортер установки для рулонирования. При выпуске минеральной ваты как товарной продукции ковер вначале облицовывается бумагой, режется на полосы заданной ширины, а потом рулонировается. Обкладочная бумага, покрытая битумной мастикой, готовится на отдельно стоящем в цехе обкладочном агрегате, описанном в гл. IV, § 2.

Для пропитки различными синтетическими связками ковер непосредственно с весов 6 поступает на промежуточный транспортер 10 установки 11 и там орошается связкой. Избыток связки отсасывается воздуходувкой в бассейн и насосом подается обратно в ороситель. Связка в бассейн установки непрерывно подается насосом из бака-мешалки отделения приготовления связки. Обработанный связкой ковер при помощи транспортирующего механизма установки пропитки подается в камеру полимеризации 12, где через зажатый и передвигающийся между двумя перфорированными пластинчатыми конвейерами (нижним подающим и верхним подпрессовочным) ковер просасывается газ-теплоноситель с температурой 443—473° К. При этом ковер прогревается, удаляется влага и полимеризуются фенолспирты.

Горячие газы для тепловой обработки и полимеризации ковra получают в специальных топках, работающих на мазуте или природном газе, или путем использования отходящих горячих газов ванн печей.

Из камеры полимеризации ковер с температурой 403—431° К поступает на сетчатый транспортер камеры охлаждения 13, где он охлаждается до температуры 303—313° К и разрезается дисковыми ножами 14 вдоль на полосы заданной ширины, а затем ножами 15 поперечной резки — на плиты заданной длины, которые упаковываются на столе упаковки и электропогрузчиком транспортируются на склад готовой продукции. Воздух для охлаждения ковra подается вентилятором из цеха в короб, расположенный под транспортером, и далее в трубу на выброс.

Технологическая линия оборудования для производства минераловатных матов и плит на синтетической связке выпускается

отечественной промышленностью в двух вариантах, отличающихся способом пропитки ковра ваты.

В первом варианте установка 11 для пропитки работает по способу распыления связки форсунками, во втором — по способу поливки связки через перфорированную трубу.

Производительность линии по обоим вариантам: максимальная — 1200 кг/ч; средняя — 1100 кг/ч; по минеральной вате марки «100» — 12 м³/ч. Производительность печи по расплаву 1600 кг/ч, при этом учитывается, что до 25% расплава уходит при переработке в отходы.

Линия может выпускать маты с объемной массой 100 кг/м³ или полужесткие плиты с объемной массой 150 кг/м³. При этом относительная влажность минераловатного ковра перед камерой полимеризации должна равняться 8% при работе по способу распыления связки и до 55% — при работе по способу поливки. Соответственно с этим продолжительность тепловой обработки в камере полимеризации должна быть 6 и 15 мин при количестве испаряемой влаги от 100 и до 1470 кг/ч и условной скорости прососа теплоносителя через ковер 1,7 и 2,5 м/с.

Количество теплоносителя должно составлять на входе в камеру 220 000 м³/ч при способе распыления связки и 330 000 м³/ч при способе поливки связки, а на сбросе эксгаустером 10 000 м³/ч при обоих способах. При этом температура теплоносителя должна быть: при входе в камеру 453—473° К; на выходе из камеры 413—433° К и на сбросе 373—383° К.

Количество воздуха, подаваемого под транспортер камеры охлаждения 13, должно быть 10 000 м³/ч. Расход воды на охлаждение составляет 0,92 м³/м³ ваты при способе распыления связки и 1,02 м³/м³ — при способе поливки связки.

Общий расход электроэнергии составляет 60 кВт/ч на 1 м³ ваты при способе распыления связки и 80 кВт/ч на 1 м³ при способе поливки связки.

§ 3. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБКЛАДКИ И РУЛОНИРОВАНИЯ С НОЖАМИ ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНОЙ РЕЗКИ

Устройство для обкладки и рулонирования минераловатного ковра бумагой с ножами поперечной и продольной резки (рис. 215) представляет собой агрегат, предназначенный для установки в составе технологической линии для производства минераловатных рулонов и матов и выполняющий операции обкладки бумагой минераловатного ковра, сходящего с ленточных весов линии, разрезку его вдоль, рулонирования и отрезки рулонов заданной длины.

Устройство имеет сварную раму 1, несущую на себе приводной ролик 2, цапфу для установки двух верхних рулонов 3 обкладочной бумаги, верхние и нижние протяжные ролики 4 для бумаги и приводной дисковый нож 5 для продольной резки ковра на две полосы.

Для установки двух нижних рулонов обкладочной бумаги имеется отдельная каретка 6, установленная на поперечных рельсах под рольгангом установки. Ширина обкладочной бумаги

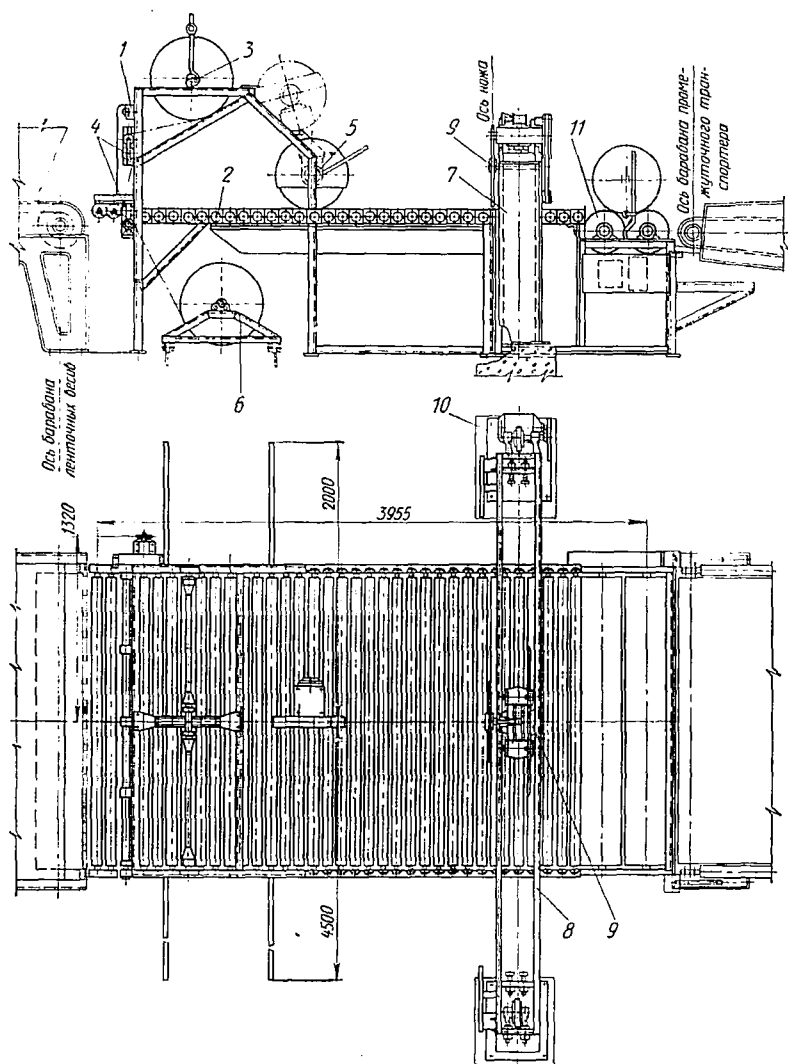


Рис. 215. Устройство для рулонирования и обкладки минераловатного ковра бумагой с ножами продольной и поперечной резки

равна 800 мм при диаметре рулонов 600 мм. Нож продольной резки приводится от электродвигателя мощностью 1,1 кВт.

В конце рольганга установлена поперечная рама 7, несущая на себе направляющие 8 для передвижения каретки ножа 9 поперечной резки со своим электродвигателем, а также электродвига-

тель с приводом 10 для передвижения ножа по направляющим. Устройство оканчивается приспособлением 11 для бесцентровой намотки минераловатного ковра в рулоны. Привод рольганга и протяжных механизмов для бумаги производится от привода ленточных весов. Установка для обкладки бумагой и рулонирования рассчитана на максимальную ширину минераловатного ковра, равную 2050 мм.

Окружная скорость резания при диаметре диска ножа 700 мм равна 52 м/с. Линейная скорость ножа поперечного резания составляет 118 м/мин, при этом мощность электродвигателя ножа поперечной резки равна 1,7 кВт, а привода каретки ножа 1 кВт.

Приведенное выше устройство может работать в составе любой технологической линии, куда оно может быть встроено следующим образом. Минераловатный ковер, полученный на линии, пройдя ленточные весы, поступает на приводной рольганг 2 устройства. Одновременно верхние и нижние протяжные ролики 4 подают сверху и снизу ковра обкладочную бумагу, которая развертывается с двух верхних рулонов 3, установленных в цапфах, и двух нижних, установленных на отдельной каретке 6. Ковер, обложенный бумагой с двух сторон, подается приводным рольгангом к дисковому ножу 5 и разрезается вдоль на две ленты шириной по 1 м. Ленты ковра подаются на ролики приспособления 11 бесцентровой намотки в рулоны. После намотки рулона заданной длины от счетчика дается электрический импульс, и дисковый нож 9 поперечной резки отрезает рулон. Ковер вновь заправляется в приспособление для бесцентровой намотки, а отрезанный рулон сбрасывается на стол упаковки.

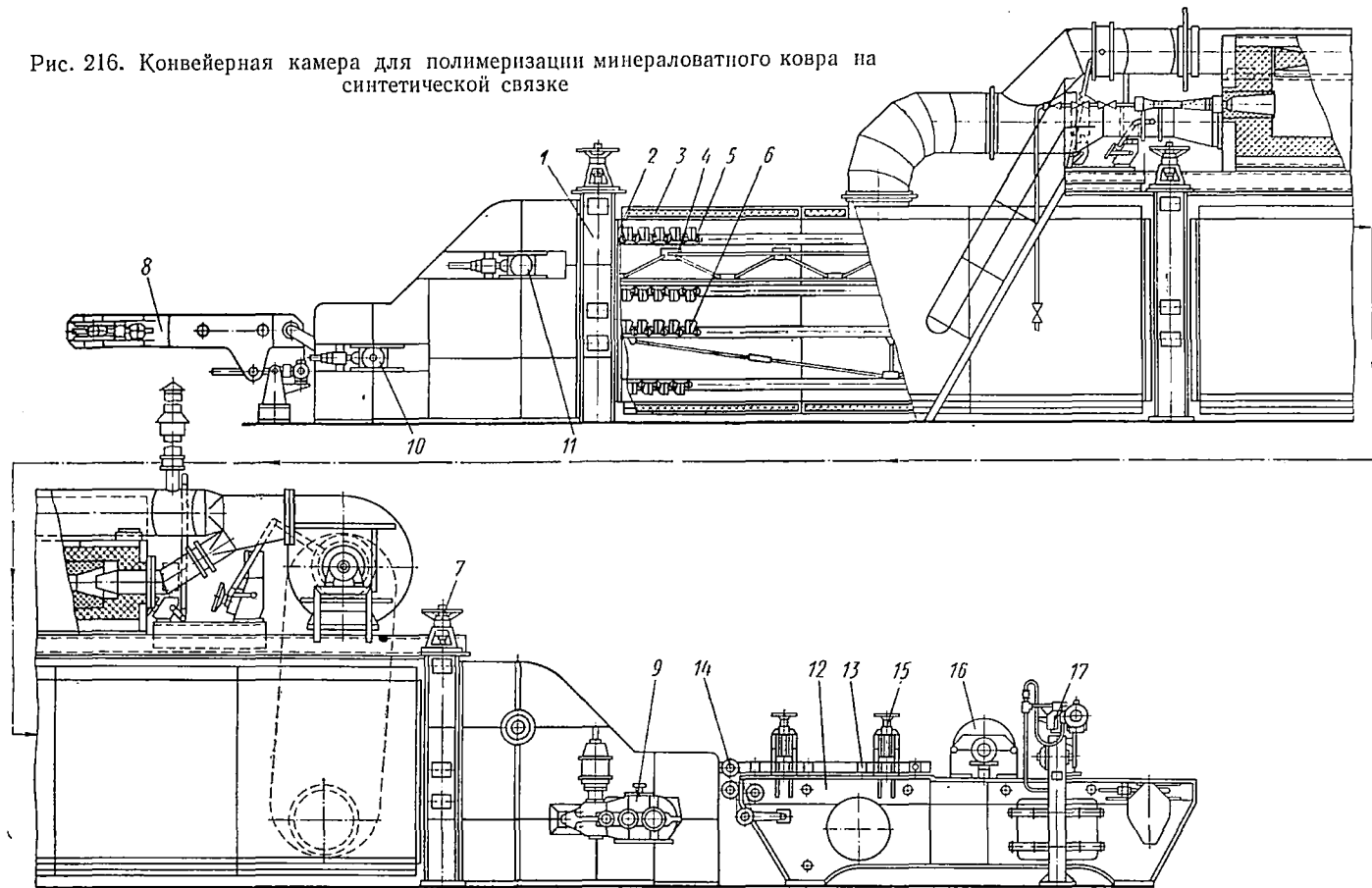
§ 4. КОНВЕЙЕРНАЯ КАМЕРА ДЛЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И ТЕРМООБРАБОТКИ МИНЕРАЛОВАТНОГО КОВРА И ПОЛУЖЕСТКИХ МАТОВ НА СИНТЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ

Камера (рис. 216) имеет металлические стойки 1 и каркас 2, на котором смонтированы металлические панели 3, теплоизолированные полужесткими минераловатными плитами толщиной 80 мм. Внутри камеры во всю ее ширину на направляющих 4 для цепей установлены два пластинчатых конвейера: верхний 5 и нижний 6. Нижняя направляющая 4 верхнего конвейера с помощью винтовых механизмов 7 может перемещаться по вертикали и тем самым регулировать толщину минераловатного ковра.

Ковер из установки для пропитки синтетическими связками поступает на приемную часть 8 нижнего пластинчатого конвейера, затем зажимается верхним конвейером 5 и транспортируется между ними по всей длине камеры. Все пластины верхнего и нижнего конвейеров для лучшего просасывания сквозь ковер горячих газов делаются перфорированными по всей площади.

Конвейеры приводятся в движение приводной станцией 9 и натягиваются натяжными станциями 10 и 11.

Рис. 216. Конвейерная камера для полимеризации минераловатного ковра на синтетической связке



Таким образом, ковром и конвейерами камера разделяется на две части: верхнюю и нижнюю. Кроме того, камера (рис. 217) делится на зону I и зону II вертикальной поперечной металлической перегородкой 1, расположенной между нижним и верхним направляющими обонх конвейеров.

В качестве теплоносителя применяют топочные газы или газы, полученные от сжигания природного газа. В последнем случае теплоноситель получается в индивидуальном подтопке 2, представляющем собой двухсводовую камеру из огнеупорного кирпича с наружной изоляцией из минераловатных плит толщиной 120 мм.

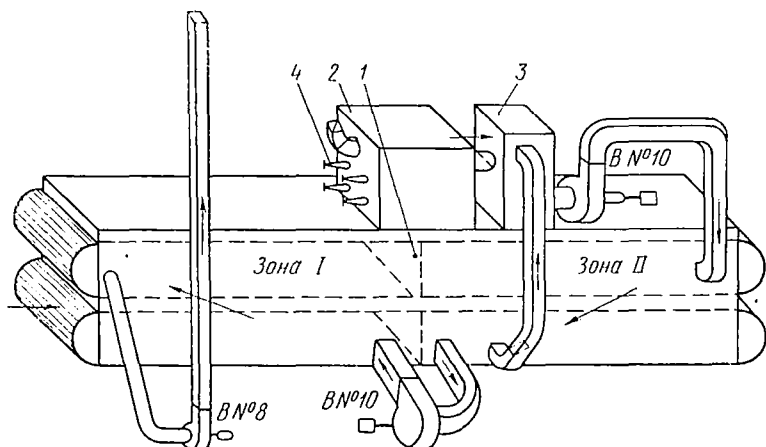


Рис. 217. Схема конвейерной камеры полимеризации

В газовом подтопке устанавливают четыре газовые горелки 4 производительностью $23 \text{ м}^3/\text{ч}$ при давлении газа $0,49 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. Газ сгорает в нижней части подтопка. Воздух для разбавления продуктов сгорания поступает из цеха в верхнюю часть подтопка.

Камера смешения 3 (рис. 217) теплоносителя представляет собой металлическую коробку, теплоизолированную снаружи минераловатными плитами толщиной 80 мм. Индивидуальные газовые подтопки очень удобны, их можно отключать в любое время, а после включения камера готова к работе через 30—50 мин. Из камеры смешения теплоноситель с температурой 513° К подается вентилятором в верхнюю часть зоны II, просасывается через ковер и вторым вентилятором подается через поперечную перегородку из зоны II в низ зоны I. Просасываясь через ковер снизу вверх в зоне I, теплоноситель вентилятором выбрасывается в атмосферу. При этом минераловатный ковер в зоне I подсушивается, а в зоне II окончательно полимеризуется. В результате рециркуляции теплоносителя расход газа удастся снизить на 30%. В камере поддерживается разрежение около 20—50 мм вод. ст.

Конвейерная камера имеет рабочую длину 14 000 мм при длине конвейеров (между барабанами) 15000 мм и рабочую ширину 1550 мм.

При помощи винтовых механизмов 7 (см. рис. 216) расстояние между рабочими ветвями конвейеров по вертикали может изменяться от 40 до 90 мм и соответственно с этим может меняться и толщина зажимаемого между ними минераловатного ковра.

Привод конвейеров камеры рассчитан и сконструирован таким образом, что переключением шестерен можно получить четыре ступени скорости конвейеров: 0,36; 0,54; 1,10 и 2,15 м/мин. Электродвигатель приводной станции 9 (см. рис. 216) установлен мощностью 2,2 кВт. Мощность электродвигателя приемного конвейера 8 принята в 0,3 кВт.

Мощность, потребная для привода конвейеров камеры электродвигателя,

$$N = \frac{Wv}{102\eta}, \quad (287)$$

где W — сопротивление движению конвейера в кг; $v = 0,06$ — скорость конвейера в м/с; η — к. п. д. установки.

Расчет проводят по каждому конвейеру отдельно. Величина сопротивления движению

$$W = S_n - S_1,$$

где S_n — натяжение набегающей ветви цепи со стороны привода; $S_1 = 250 \div 300$ — натяжение сбегавшей ветви, равное величине предварительного натяжения конвейера, в кг.

Сопротивление передвижению конвейера по каждому участку цепи

$$W_{1-2} = \left(\frac{fd + 2\mu_1}{D} \right) qL,$$

где f — коэффициент трения скольжения в подшипнике ролика цепи; d — диаметр оси ролика в мм; μ_1 — коэффициент трения качения с учетом трения реборд ролика о направляющие; q — вес 1 м длины движущихся частей в кг; L — длина участка в м; D — диаметр ролика цепи в мм.

Определив сопротивление по каждому участку, находим величины натяжений S по участкам, при этом, как было принято выше, $S_1 = 250 \div 300$ кг, тогда

$$S_2 = S_1 + W_{1-2};$$

$$S_n = S_{n-1} + W_{n-1}.$$

После тепловой обработки в камере полимеризации минераловатный ковер с температурой 413—433° К поступает в камеру

охлаждения 12 (см. рис. 216), на корпусе которой монтируется конвейер 13 из трех цепей с прикрепленными к ним перфорированными пластинами. В начале камеры охлаждения ковер подпрессовывается при помощи роликов рольганга 14. Сила нажатия и толщина ковра регулируются винтовыми устройствами 15. При пропитке синтетической связкой ковер не подпрессовывается. Ковер охлаждается прососом через него воздуха, подаваемого из цеха вентиляционной установкой. Мощность электродвигателя камеры охлаждения равна 0,3 кВт. Над конвейером камеры охлаждения устанавливают ножи 16 продольной резки и в конце конвейера — автоматизированный нож 17 поперечной резки. Дисковые ножи 1 продольной резки (рис. 218) набираются и закрепляются муфтами 2

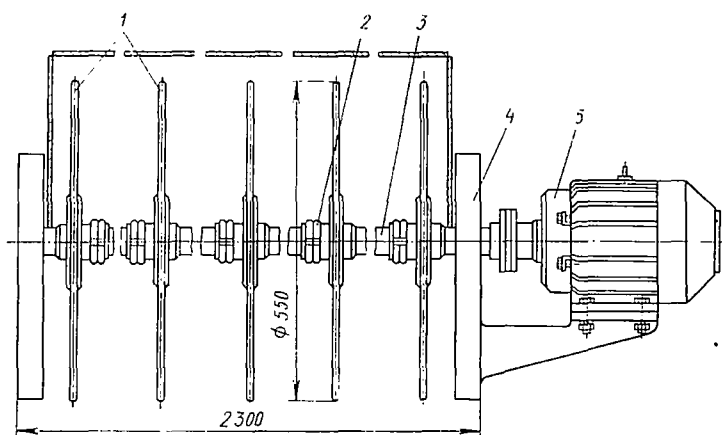


Рис. 218. Дисковые ножи продольной резки

на валу 3 в зависимости от ширины полос, на которые разрезается ковер. Вал с ножами устанавливается в подшипниках концевых стоек 4 и имеет отдельный привод непосредственно от электродвигателя 5 мощностью 1,0 кВт. Окружная скорость резания ножей равна 52 м/с.

Автоматизированный нож поперечной резки (рис. 219) состоит из следующих основных узлов: двух стоек 1, направляющей 2, по которой движется каретка 3 с дисковым ножом 4, и привода 5 перемещения каретки. Направляющую 2 каретки 3 устанавливают по отношению к направлению движения минераловатного ковра под некоторым углом (до 12°), зависящим от скорости движения конвейера. Направляющую устанавливают и крепят на секторе 6. Благодаря такой установке направляющей дисковый нож дает перпендикулярный обрез ковра.

Каретка с дисковым ножом 4 и смонтированным в ее корпус электродвигателем мощностью 1,0 кВт и тормозом 7 совершает возвратно-поступательное движение с помощью электродвига-

теля 8 мощностью 1,0 кВт, редуктора 9 и цепной передачи 10. Электрический импульс на включение электродвигателей дискового ножа и перемещения каретки подается конечным выключателем от кулачка, смонтированного на зубчатом колесе, установленном на валу конвейера камеры охлаждения. Счетчик можно настраивать на резку плит длиной от 1,0 до 6,0 м. В конце движения реза каретка наталкивается на упор, отжимает ролик с тягой

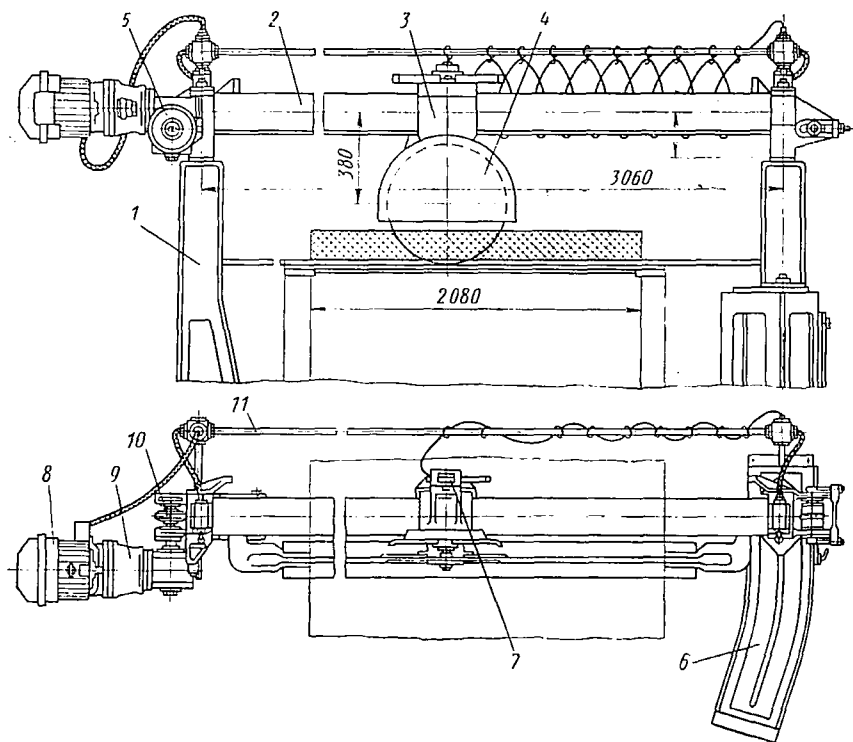


Рис. 219. Автоматизированный нож поперечной резки

и через систему рычагов откидывает шарнирно подвешенный электродвигатель и нож на некоторый угол, в результате чего нож оказывается над ковром. Двигаясь несколько дальше, каретка нажимает на конечный выключатель, который реверсирует электродвигатель привода каретки и отключает электродвигатель дискового ножа, а каретка с отведенным в сторону ножом возвращается в исходное положение.

В исходном положении каретка нажимает на упор, открывает защелку, и электродвигатель с ножом под действием собственного веса возвращается в исходное вертикальное положение. Электродвигатель дискового ножа питается гибким кабелем, подвешенным на кольцах, скользящих по направляющей 11.

§ 5. ФОРМОВОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕСТКИХ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ НА БИТУМНОЙ СВЯЗКЕ

Производство жестких минераловатных плит состоит из трех основных технологических процессов.

1. Смешивания разрыхленной ваты с битумно-диатомитовой эмульсией.

2. Формования плит из полученной массы на формовочной установке с применением процесса вакуум-прессования для отжата большого количества эмульсии (до 400% к сухой массе) без применения сильного давления.

3. Тепловой обработки и сушки изделий в тоннельных сушилках, куда они поступают на поддонах в полочных вагонетках.

Трепальное устройство (рис. 220), обслуживающее установку, представляет собой два трепальных барабана 1 и 2 с металлическими билами 3. Барабаны заключены в герметичный корпус 4 из листовой стали, смонтированный на раме 5. Корпус имеет патрубок 6 для загрузки ваты и патрубок 7 для отсоса пыли. Барабаны вращаются в разные стороны со скоростью 150 об/мин и приводятся в движение приводом 8 с электродвигателем мощностью 10 кВт.

Смеситель гидромассы (рис. 221), приготавливающий смесь из эмульсии битума, диатомитовой суспензии и минеральной ваты, состоит из корпуса 1 с крышкой 2, в которой находятся патрубок 3 для подачи эмульсии, соединенный эмульсопроводом с дозатором эмульсионной установки (см. поз. 4 рис. 222), люк 4 для загрузки ваты, соединенный рукавом с дозатором ваты (см. поз. 5 рис. 222) и люком для очистки 5. В корпусе смесителя смонтированы три мешалки 6, каждая из которых состоит из четырех крестовин, снабженных планками 7. Для удаления королек, оседающих в нижней воронке 8 корпуса, служит скребковый транспортер 9, движущийся по направляющим 10 его герметичного корпуса 11. Натяжная станция 12 транспортера расположена в верхней выгрузочной головке. Лопасты мешалки вращаются от привода (мощностью 10 кВт) с частотой 25 об/мин в сторону выхода гидромассы на эlevator (см. поз. 7 рис. 222), приемная течка которого присоединена к выходному патрубку 13 смесителя. Для выпуска эмульсии при чистке смесителя служит задвижка 14.

На формовочной установке, показанной на рис. 222, выполняется весь процесс производства жестких минераловатных плит, начиная с приема сырой ваты и кончая укладкой отформованных плит на поддоны, в которых они подвергаются тепловой обработке. Жесткие плиты изготавливают на битумной связке мокрым способом, литьем с вакуумподпрессовкой.

Формовочная установка, состоящая из двух формовочных станков 13, работающих последовательно и выпускающих по две минераловатные плиты, обслуживается двумя водокольцевыми вакуум-насосами 14 и двумя вакуум-щитами 15.

Вид А

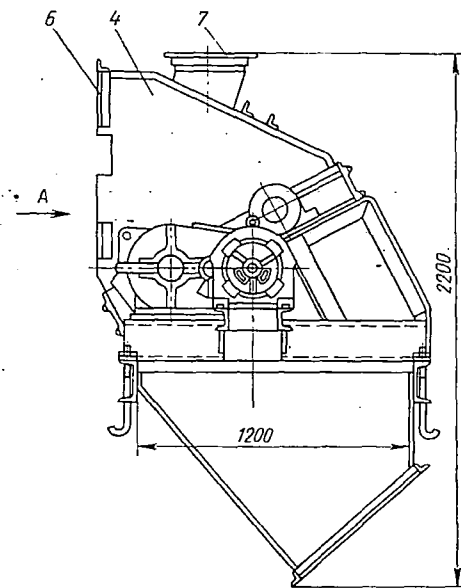
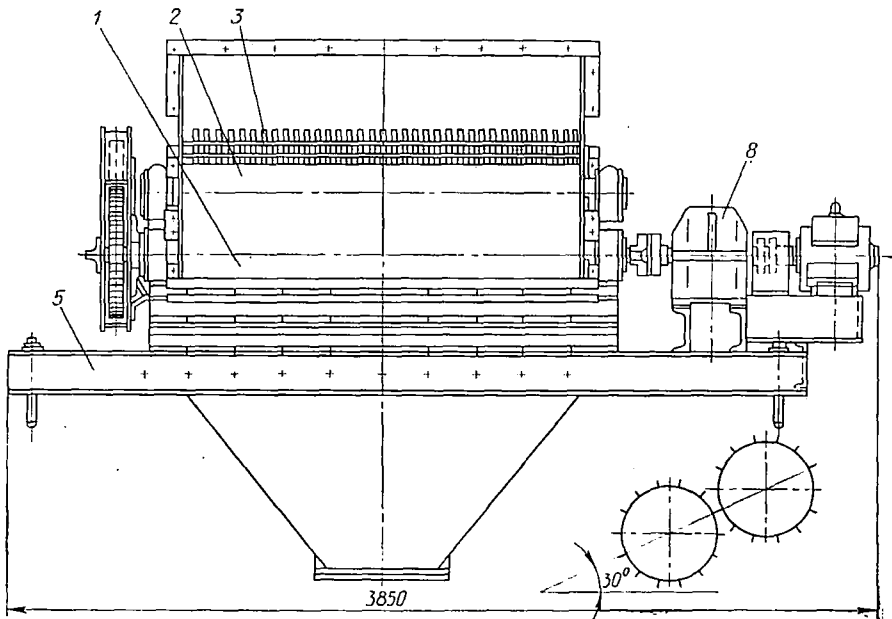


Рис. 220. Трепальное устройство

Установка работает следующим образом.

Рыхлая сырая вата подается в трепальное устройство 1 с двумя вращающимися в разные стороны с разными скоростями трепальными барабанами 2. Полученные ватные хлопья подаются наклонным ленточным транспортером 3 с деревянными планками в весовой дозатор 5 сырой ваты. Отвешенные порции ваты поступают

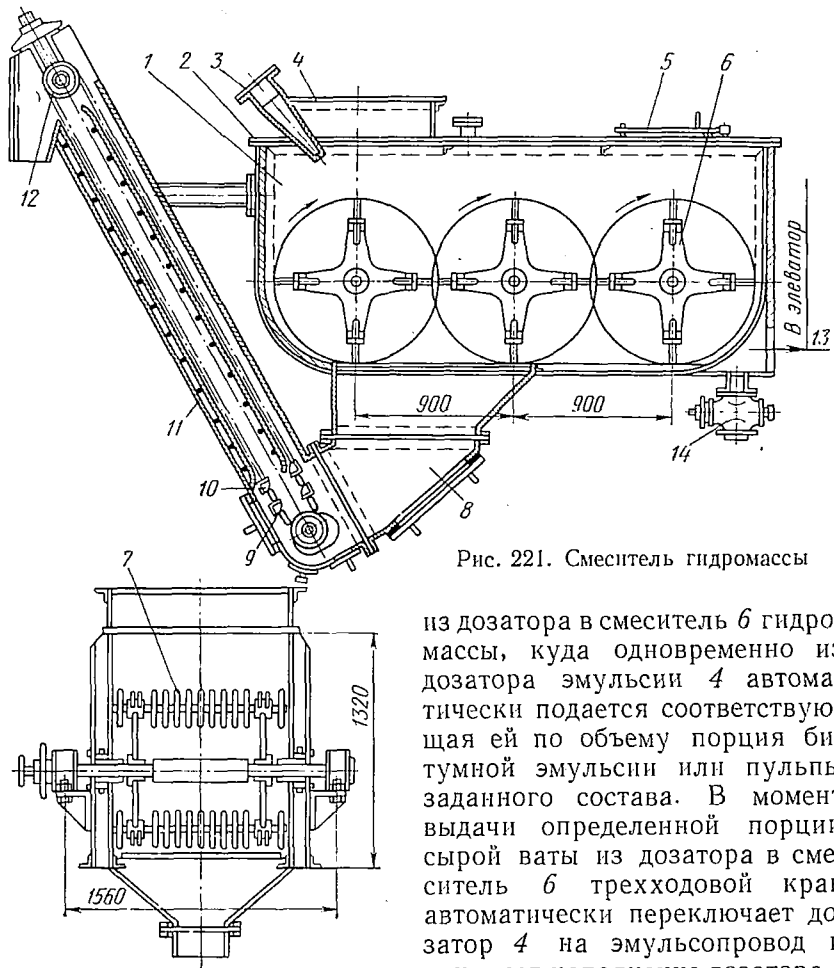


Рис. 221. Смеситель гидромассы

из дозатора в смеситель 6 гидромассы, куда одновременно из дозатора эмульсии 4 автоматически подается соответствующая ей по объему порция битумной эмульсии или пульпы заданного состава. В момент выдачи определенной порции сырой ваты из дозатора в смеситель 6 трехходовой кран автоматически переключает дозатор 4 на эмульсопровод и начинает наполнение дозатора 4

эмульсией. По достижении определенного уровня жидкости в дозаторе 4 срабатывает ртутный переключатель в рычажном устройстве уровнемера, и трехходовой кран автоматически переключается на выпуск очередной порции гидромассы из дозатора 4 в смеситель 6, где происходит перемешивание ваты с эмульсией или пульпой требуемого состава.

Уровень жидкой массы в корпусе регулируется автоматически с помощью двух поплавковых рычажных устройств, которые по-

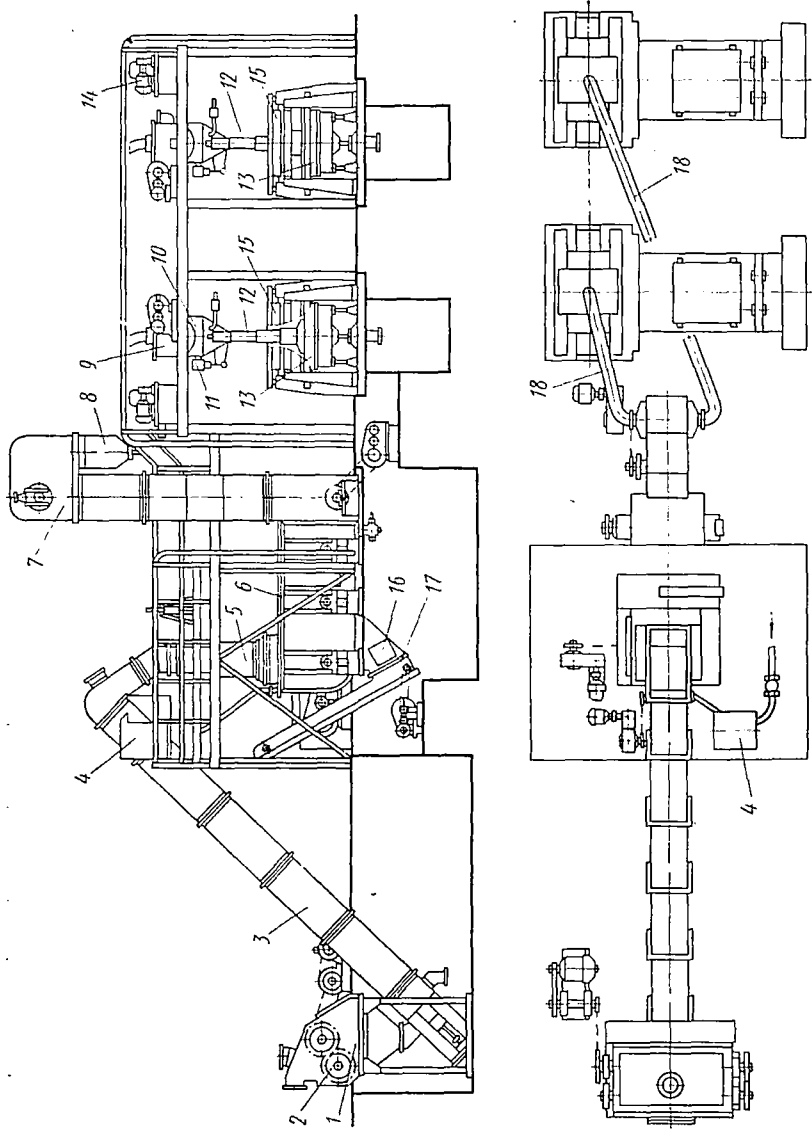


Рис. 222. Формовочная установка для производства жестких и минераловатных плит на бигумной связке

мещены в коробке, сообщающейся с корпусом смесителя. Если уровень жидкости в корыте смесителя снизится до нижней отметки, то сработает ртутный переключатель нижнего поплавкового устройства и привод элеватора выключится. Если же уровень в смесителе поднимется до верхней отметки, то прекратится работа наклонного транспортера 3 и одновременно будет дан сигнал для направления сырой ваты с транспортера камеры осаждения на поперечный транспортер. Одновременно с перемешиванием гидромасса передвигается вдоль корыта смесителя и в конце корыта забирается элеватором 7. Для непрерывного отбора из сборника 16 корольков и других включений имеется наклонный скребковый транспортер 17. Гидромасса из элеватора 7 автоматически подается в направляющий лоток 18 формовочного станка распределителем 8 клапанного типа, действующим с помощью пневмоцилиндра. Из лотка гидромасса поступает в дозатор 9, где она перемешивается мешалками 10 и отмеривается порциями, необходимыми для изготовления двух плит. Сбоку в корпусе дозатора имеется коробка, внутри которой смонтировано поплавковое рычажное устройство с ртутным переключателем для подачи импульса на переключение клапана распределителя 8 гидромассы при определенном уровне гидромассы в дозаторе. В низу корпуса дозатора 9 устроено выпускное устройство, закрываемое и открываемое клапаном при помощи пневмоцилиндра 11.

Отмеренные дозатором порции гидромассы через воронку 12 поступают в форму станка 13. Плиты формируются на станке (рис. 223) в форме для изготовления двух плит под давлением $0,39 \cdot 10^5 \text{ Н}^2/\text{м}^2$. По высоте форма разделяется на три части: коробку 9, решетку 2, покрытую сеткой 3, и подрешеточное корыто 4. Низкая перегородка 5 делит форму на две части. При помощи вакуум-щита 6 формируются две минераловатные плиты размером 1000×500 (30—60) мм каждая. Станок на выпуск плит заданной толщины настраивается винтовыми установками 7. В процессе формования гидромасса фильтруется через решетку 2. Отфильтрованная жидкость поступает в корыто 4 и оттуда удаляется вакуумотсосной системой 8 станка. Поднимаются и опускаются формы в процессе формования плит гидроподъемником 9. Вакуум-щит выполнен в виде каретки, перемещающейся на роликах 10 по рельсам 11, и представляет собой короб 12, нижняя плоскость которого выполнена из двух решеток с сетками 13 размерами, соответствующими размерам формируемых плит в плане. Для удаления жидкости и создания внутри щита вакуума служат две перфорированные трубки 14, соединенные гибким шлангом 15 с вакуумотсосной системой станка, работающей с разрежением 300 мм рт. ст. от водокольцевого вакуум-насоса 18.

Вакуум-щит по окончании формовки присасывает отформованные плиты и перемещает их (с ходом 1750 мм) к месту укладки на поддоны. Это возвратно-поступательное движение вакуум-щита по рельсам 11 со скоростью 5 м/мин осуществляется с по-

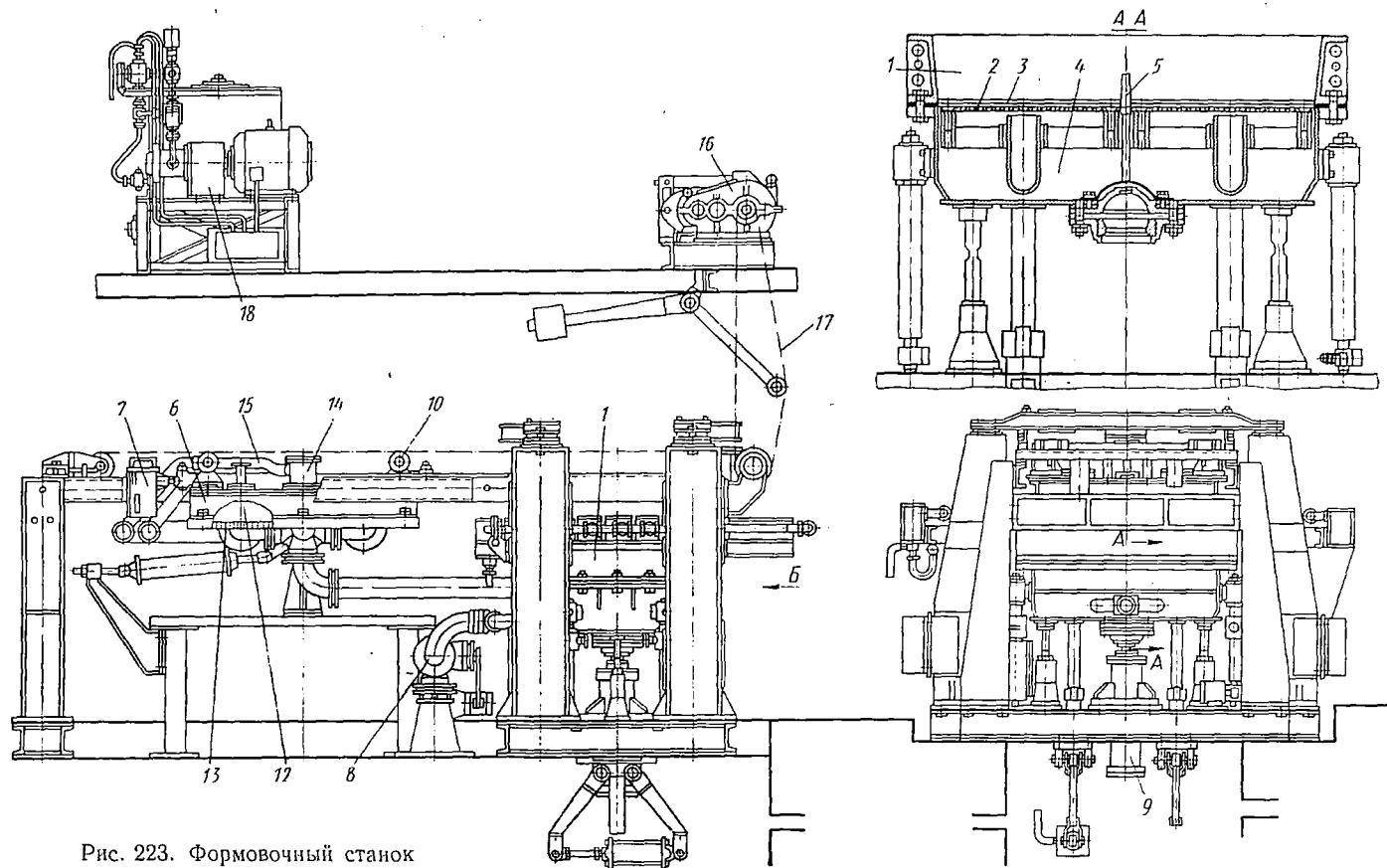


Рис. 223. Формовочный станок

мощью реверсивного привода 16, состоящего из электродвигателя, редуктора, тормоза и цепной передачи 17.

Плиты на станке формируются следующим образом. При крайнем положении вакуум-щита над укладчиком и опущенной воронке в форму станка подается отмеренная дозатором гидромасса. Далее вакуум-щит перемещается в исходное положение над формой, и начинается подъем формы, отсос и слив избыточной влаги через водосборник наружу. В начале формирования автоматически включается вакуум, при этом выпускной клапан водосборника закрывается. После окончания обезвоживания вакуум отключается, открывая спускной клапан водосборника, а к вакуум-линии присоединяется вакуум-щит с одновременным переводом спускного клапана водосборника в закрытое положение. В этот момент отформованные плиты присасываются к щиту, а форма станка начинает опускаться вниз в исходное положение на величину, несколько большую толщины плиты, после чего вакуум-щит перемещается в крайнее положение к укладчику и нажимает на датчик, который отключает его от вакуум-линии. При этом плиты сбрасываются на заранее уложенные на укладчик поддоны, и рабочий цикл начинается снова. Работа станка и всей установки полностью автоматизирована.

§ 6. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЗАГРУЗКИ СУШИЛЬНЫХ ВАГОНЕТОК

Установка (рис. 224) служит для приема отформованных плит, укладки их на жесткие поддоны и установки поддонов с плитами на полки сушильной вагонетки. Пневмосистему установки обслуживает компрессор формовочной установки.

Установка работает следующим образом. Жесткие поддоны для плит укладываются на промежуточный стол 18 и попарно смещаются на опорные уголки 3 первого или второго укладчика 16, где на них вакуум-щитом формовочного станка сбрасываются отформованные плиты. Укладчик 16, имеющий подъемный пневмоцилиндр 17, перекладывает поддоны с плитами на подающий конвейер 4, проходящий внутри рамки 2 укладчика 16. Конвейер 4 работает от привода 1 и, скользя по опорной плоскости 5, подает поддоны с плитами на подъемник 8 с пневматическим толкателем 7. Поддоны на ленте подающего конвейера 4 центрируются при подаче их на подъемник роликовыми гребенками 6 центрирующего устройства 15. Гребенки закреплены в ползунах, движущихся возвратно-поступательно поперек конвейерной ленты. Рабочий ход ползунов осуществляется пневмоцилиндром, а обратный (холостой) — пружинной.

Подъемник 8 представляет собой два полочных элеватора 10, работающих от привода 9 и установленных по обе стороны подающего поддоны конвейера. Расстояние между полками элеваторов равно расстоянию между полками сушильных вагонеток.

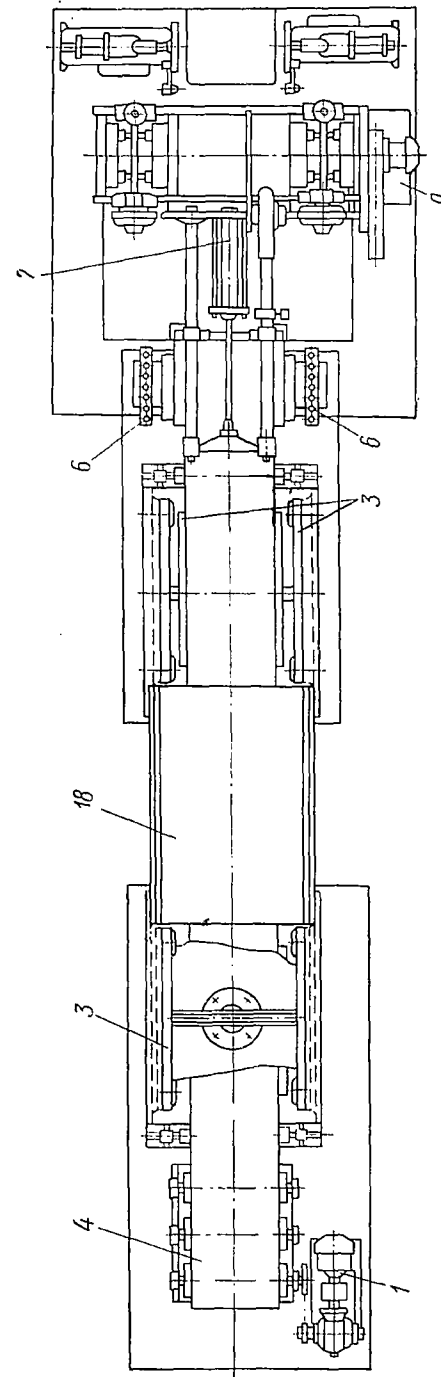
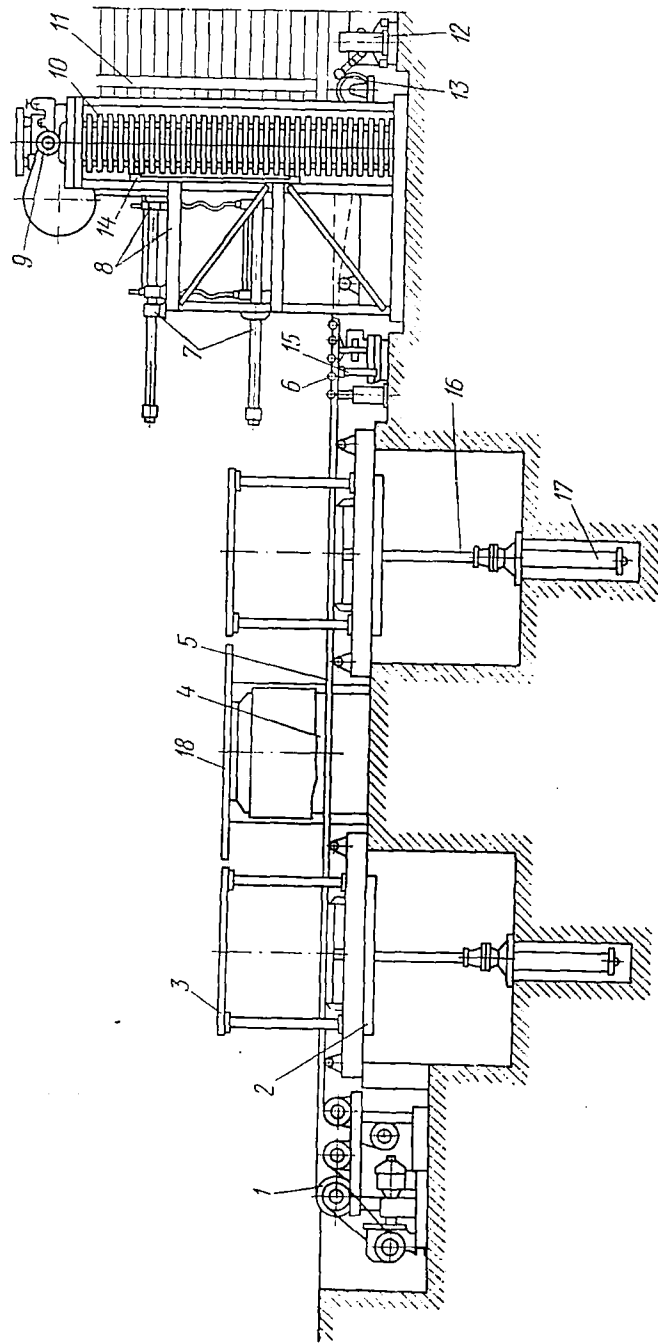


Рис. 224. Автоматизированная установка для загрузки сушильных вагонов

После того как подъемник снимет 14 шт. поддонов с плитами, включается пневмотолкатель 7, который рамкой 14 сдвигает 12 верхних рядов поддонов с плитами на опорные уголки 12 полок сушильной вагонетки. Два нижних ряда поддонов с плитами остаются на подъемнике. Работа подъемника и толкателей автоматизирована. Загрузка 12-полочной сушильной вагонетки на 48 плит происходит за четыре рабочих цикла толкателя. Сушильная вагонетка 11 во время загрузки закрепляется упором 13 с помощью фиксатора 12 и пневмоцилиндра.

Автоматизированная установка для загрузки сушильных вагонов рассчитана на производительность до 160 плит в час при скорости подающего конвейера 0,066 м/с и ширине ленты 600 мм. Установку приводят в движение два электродвигателя по 1 кВт каждый.

На сушильной вагонетке (рис. 225) укладывается 48 плит — по четыре поддона на каждой из 12 полок 2. Фартуки 3 препятствуют в сушилке прохождению горячих газов под рамой 1 вагонетки. Сушильная вагонетка рассчитана на груз весом 1800 кг, ширина колеи 900 мм; база вагонетки 1500 мм, масса ее 580 кг.

Приводная передаточная тележка (рис. 226) служит для перемещения сушильных вагонов с одного пути на параллельный. Тележка передвигается по рельсовому пути с колеями 2020 мм при помощи своего электропривода 2, работающего от троллейных воздушных

проводов через токосъемник 4. Все механизмы передвижения, толкания и рычаги управления тележкой смонтированы на раме 1. Сушильная вагонетка закатывается и скатывается при помощи толкателя 5, представляющего собой цепь 6 с выдвигной

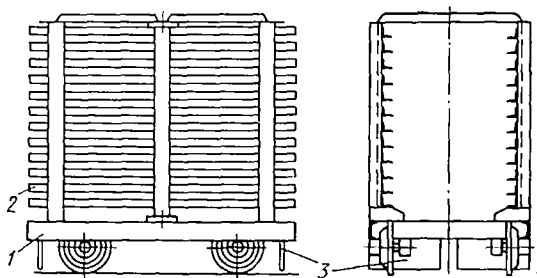


Рис. 225. Сушильная вагонетка

рейкой 8, при выдвигании которой палец 7 цепи захватывает сушильную вагонетку 3 за раму и устанавливает ее на тележку.

После выполнения операции рейка приводится в исходное положение. Скатывается вагонетка в обратном порядке.

Грузоподъемность передаточной тележки составляет 2500 Н. Скорость передвижения тележки равна 1,4 м/с, скорость наката-

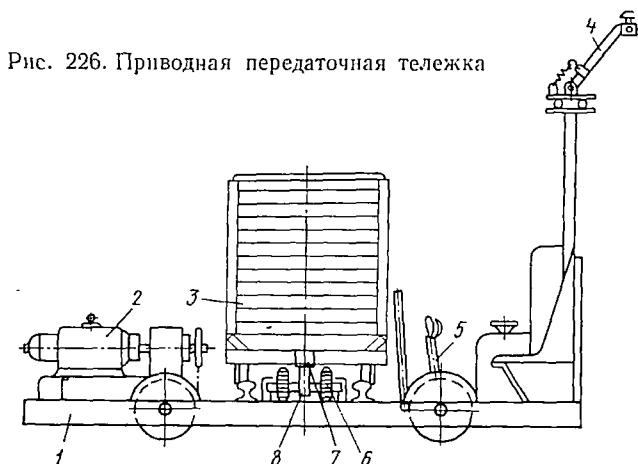


Рис. 226. Приводная передаточная тележка

вания вагонетки 0,48 м/с. Колея тележки равна 2020 мм, база — 2000 мм. Установленная мощность электродвигателей 4,4 кВт при массе тележки 3100 кг.

Для закатывания грузеных сушильных вагонеток 6 в туннельное сушило служит цепной толкатель (рис. 227), представляющий собой две рабочие цепи 7 с толкающими упорами 5. Привод толкателя состоит из электродвигателя 8, двух редукторов 1 и 9, двух

цепей 3 и двух пар звездочек 4 с натяжной станцией 2. Тяговая сила, развиваемая толкателем, равна 3000 Н при скорости толкания вагонетки 2,46 м/мин; потребную мощность определяют по формуле (290). Фактически электродвигатель установлен мощностью 2,8 кВт.

Установка для разгрузки сушильных вагонеток (рис. 228) состоит из следующих основных узлов: снижателя 3, приемного устройства 5, передаточного устройства 9, ленточного транспортера 11 с приводом 12 и насосной станции 14.

Груженная вагонетка при помощи толкателя передаточной тележки закатывается на рельсовый путь рабочей площадки 4 снижателя 3, где она закрепляется фиксатором. Опускается вагонетка при помощи штока гидроцилиндра 2. Во время снижения

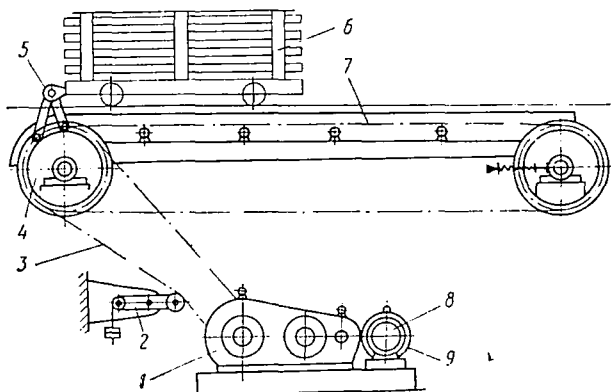


Рис. 227. Цепной толкатель

вагонетки 7 транспортер 13 приемного устройства 5 подхватывает садящиеся на него поддоны 6 и выдает их наружу на передаточное устройство 9. Передаточное устройство представляет собой транспортер с передвижной оборотной станцией 8 и с приводом 10 от оборотного барабана транспортера 11. Перед разгрузкой первой полки сушильной вагонетки оборотная станция 8 автоматически сдвигается к транспортеру приемного устройства.

После разгрузки вагонетки станция переходит в исходное положение, при котором рабочая площадка 4 снижателя вместе с порожней вагонеткой свободно поднимается в свое верхнее исходное положение. При этом насосная станция 14 подает масло в цилиндр 1 снижателя. Ленточный транспортер 11 передает выгружаемые поддоны с плитами на рабочий стол, где плиты вынимают, осматривают и сортируют.

Гидроподъемники и гидротолкатели описанных выше установок рассчитывают в зависимости от силы, которую они должны развивать. С учетом этого определяют диаметр плунжера и внутренний

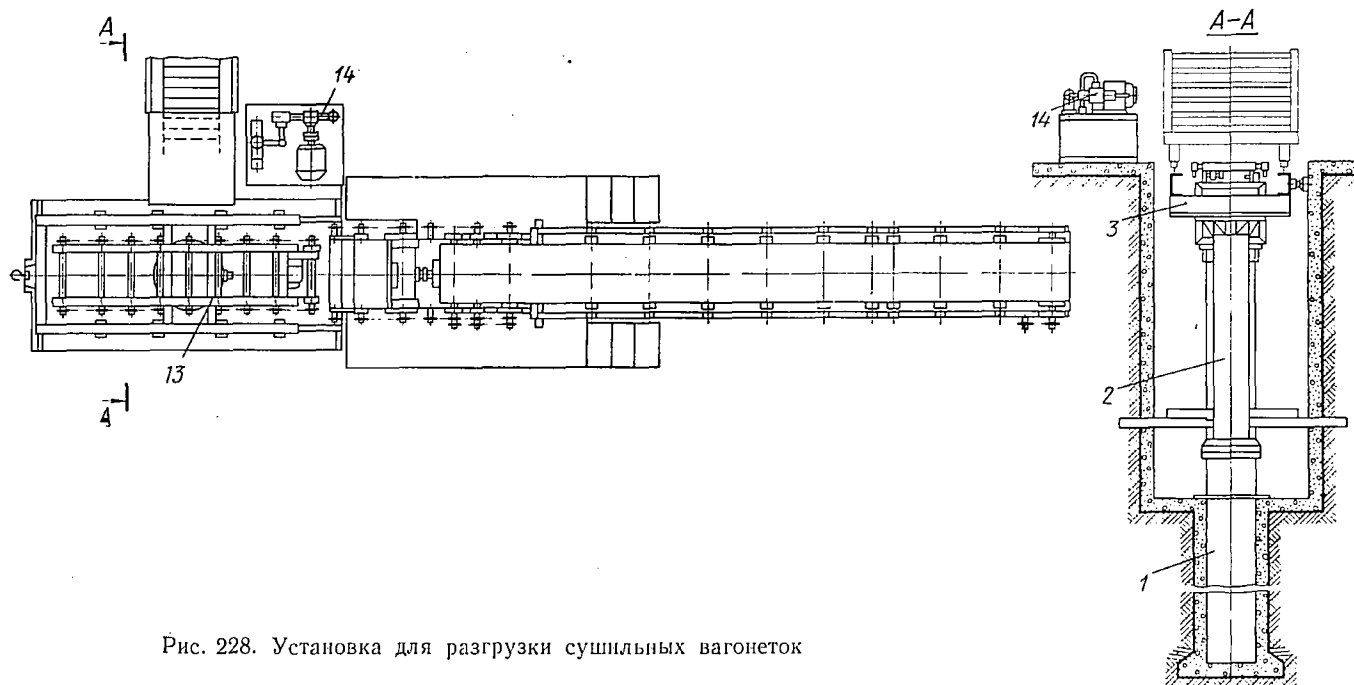
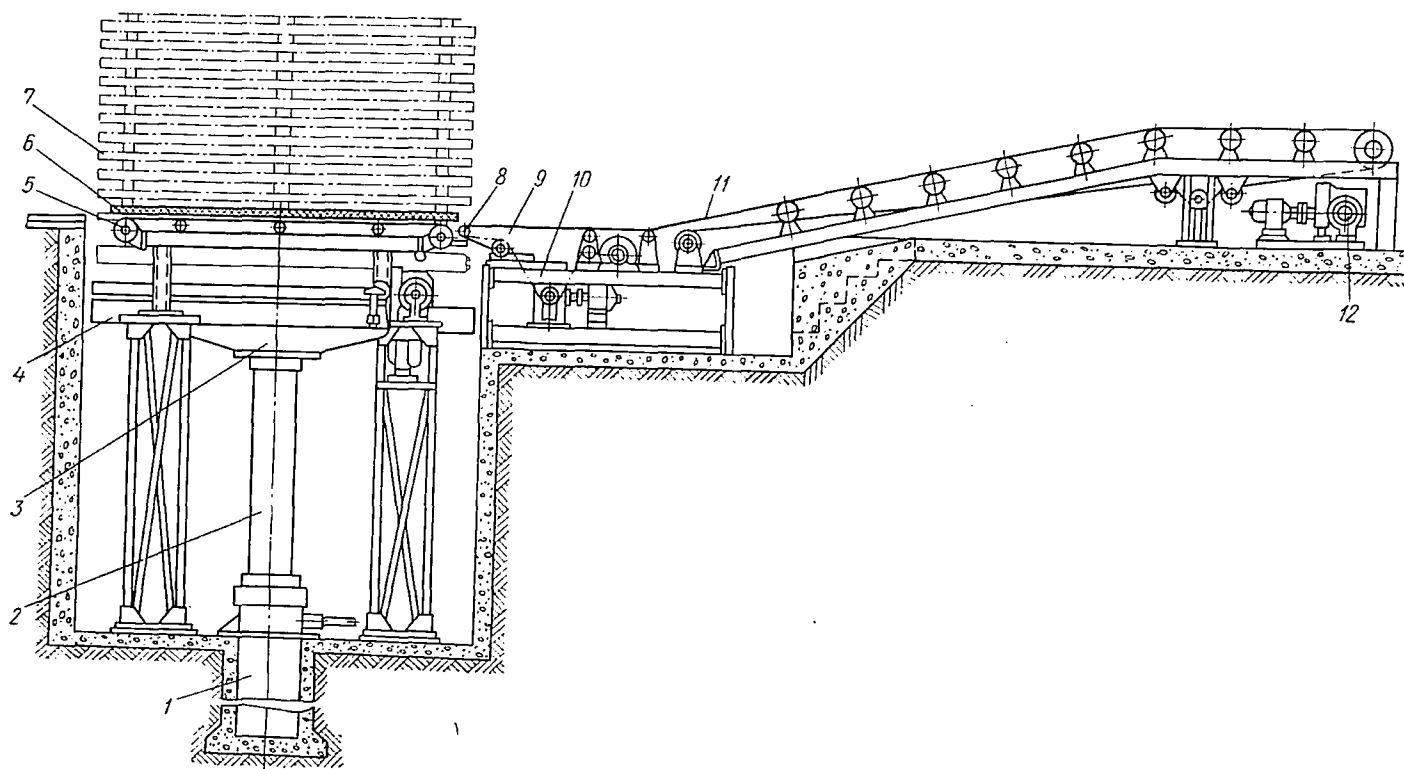


Рис. 228. Установка для разгрузки сушильных вагонов

диаметр цилиндра толкателя или подъемника:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi p}},$$

где P — сила, развиваемая цилиндром, в Н; p — давление, развиваемое насосом гидропривода, в Н/см².

Гидронасос привода выбирают в зависимости от принятой скорости подъема или толкания и количества одновременно работающих от данного насоса цилиндров.

Производительность насоса для работы одного цилиндра

$$Q = \frac{vF \cdot 60}{10}, \quad (288)$$

где v — скорость движения плунжера цилиндра в м/с; F — площадь плунжера в см².

Мощность, необходимая для привода масляного насоса,

$$N = \frac{10pQ}{60 \cdot 75\eta}, \quad (289)$$

где p — давление, развиваемое масляным насосом, в Н/см²; Q — производительность насоса в л/мин; η — к. п. д. насоса.

Мощность привода передаточной тележки и цепного толкателя вагонеток

$$N_0 = \frac{\sum Wv}{75\eta_1\eta_2}, \quad (290)$$

где $\sum W$ — сумма сопротивлений движению всех вагонеток в кг; v — скорость движения вагонеток или скорость толкания в м/с; η_1 и η_2 — к. п. д. редуктора и цепной или зубчатой передачи.

Сопротивление движению вагонетки

$$W = \frac{Q(f + \mu r)k}{R}, \quad (291)$$

где Q — масса груженой вагонетки в кг; R — радиус колеса вагонетки в см; r — радиус оси колеса вагонетки в см; f — коэффициент трения качения в см; k — коэффициент трения реборд колеса; μ — приведенный коэффициент трения в шарикоподшипнике колеса вагонетки.

Мощность электродвигателя привода

$$N_{дв} = \frac{N_0}{1,36\eta_{дв}}, \quad (292)$$

где $\eta_{дв}$ — к. п. д. электродвигателя.

Глава IV. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННЫХ И ПРОШИВНЫХ МАТОВ

§ 1. АГРЕГАТ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАТОВ, АРМИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СЕТКОЙ

В строительстве для теплоизоляции ряда объектов применяют маты из минерального войлока, армированные сверху и снизу металлической сеткой.

Агрегат для производства матов, армированных металлической сеткой (рис. 229), устанавливают в поточной линии обычно непосредственно за транспортером камеры осаждения. Агрегат состоит из следующих основных механизмов и станков: подающего конвейера, подпрессовочного транспортера, станков для укладки верхней и нижней сетки, станка для прошивки и станков для продольной и поперечной резки.

Конвейер 1 принимает поступающий с транспортера камеры осаждения слой минеральной ваты и подает его на подпрессовочный конвейер и далее в станки для армирования. Отключается агрегат от потока ваты подъемом приемного транспортера, который при этом вращается вокруг оси приводного барабана 2. Следующий за приемным подпрессовывающий транспортер 6 служит для постепенного обжата ватного слоя до заданной толщины посредством четырех пар роликов: нижних — опорных 5 и верхних — прессующих 4. Для настройки подпрессовщика на нужную толщину служат винты 3. Прессующие ролики вращаются от приводного барабана подпрессовывающего транспортера 6 через общую цепь и звездочки. В свою очередь, приводной барабан транспортера 6 приводится в движение от промежуточного транспортера 8 с помощью двух звездочек и цепи. Промежуточный транспортер 8 служит для перемещения ватного слоя в зазор между металлическими сетками обкладки и приводится в движение от общего привода 16, оборудованного вариатором и двумя редукторами.

Станок 19 для укладки нижней сетки непрерывно подает ее в промежуток между подпрессовывающим 6 и промежуточным 8 транспортерами. Для подачи сетки служат две тележки 18, на которых установлены бобины с сеткой и направляющее устройство 20 для направления сетки. Тележки для загрузки сеткой перемещаются в приемке перпендикулярно к оси агрегата. Конец ленты сетки с очередной бобины скрепляется с концом сетки с предыдущей использованной бобины. Для укладки верхней сетки служит станок 7, на его станине смонтирована опора для бобин с сеткой и направляющее устройство 9 для направления верхней сетки.

Между промежуточным 8 и конечным 14 транспортерами установлен станок 11 для прошивки ковра, который представляет собой передвижную каретку с шестью прошивными головками 10. Минераловатный ковер прошивается проволочными скобами, кото-

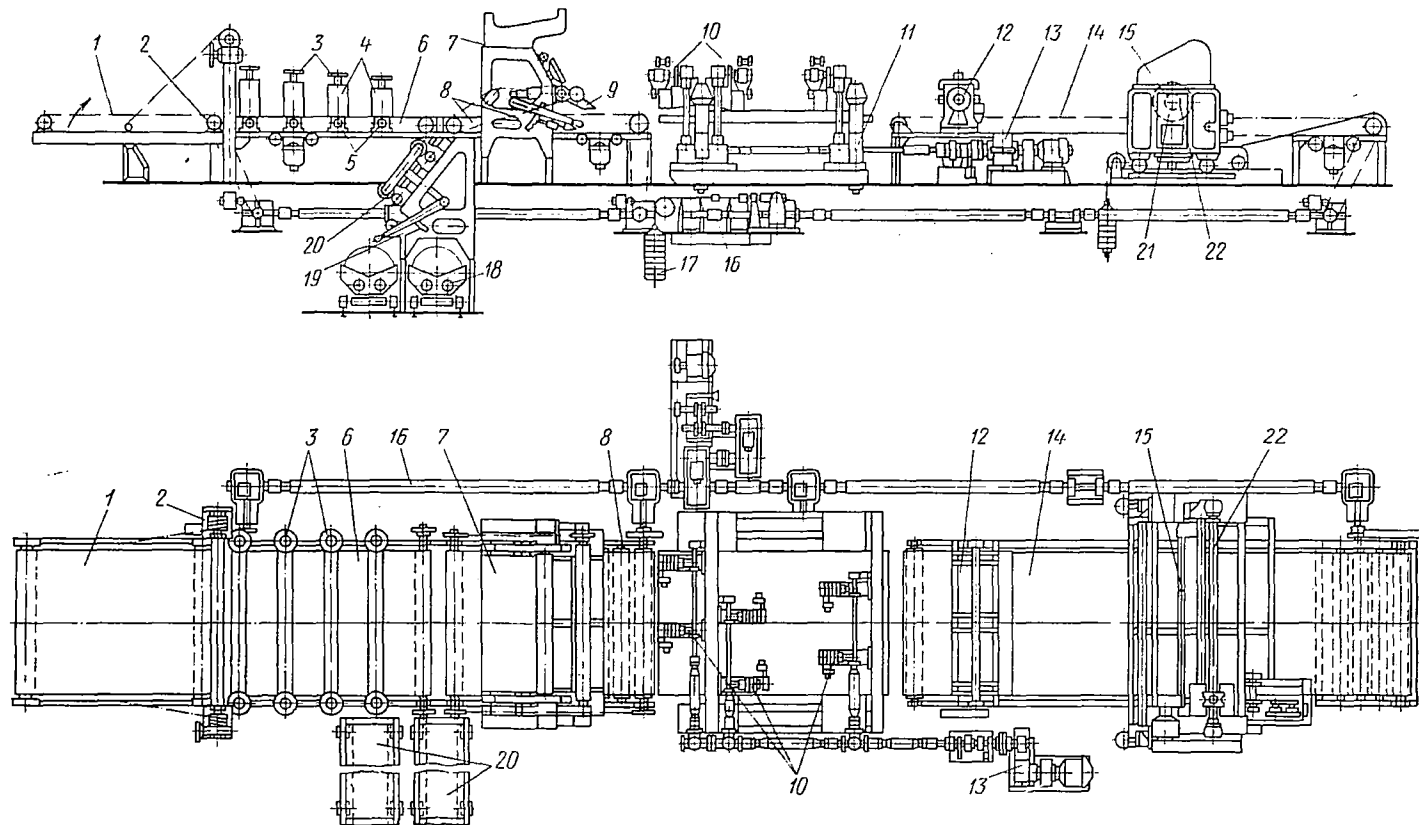


Рис. 229. Агрегат для производства матов, армированных металлической сеткой

рые изготавливаются прошивной головкой с приводом 13. Во время прошивки очередного ряда станок перемещается вдоль конвейера, затем автоматически возвращается в исходное положение и включается для прошивки следующего ряда. Рабочий ход станка осуществляется от общего привода, а обратный — под действием противовеса 17. Прошитый ковер далее поступает для разделки на маты. При этом нож 12 продольной резки, представляющий собой пыльный вал с металлическими дисковыми пилами, разрезает ковер вдоль на две или несколько полос. Вал с пилами приводится в движение от своего электродвигателя через клиноременную передачу. Далее полосы разрезаются на маты определенной длины ножом 15 для поперечной резки дисковой пилой 21, которая перемещается по винту 22. Обычно в линию устанавливают ножи для продольной и поперечной резки, описанные на стр. 355.

При ширине мата 1550 мм и скорости транспортеров 0,75 м/мин агрегат для производства армированных сеткой матов дает производительность 67 м²/ч, толщина слоя ваты равна 80 мм. Общая установленная мощность всех электродвигателей агрегата составляет 11,8 кВт. Габаритные размеры агрегата: длина 16 150 мм, ширина 5800 мм и высота 4500 мм.

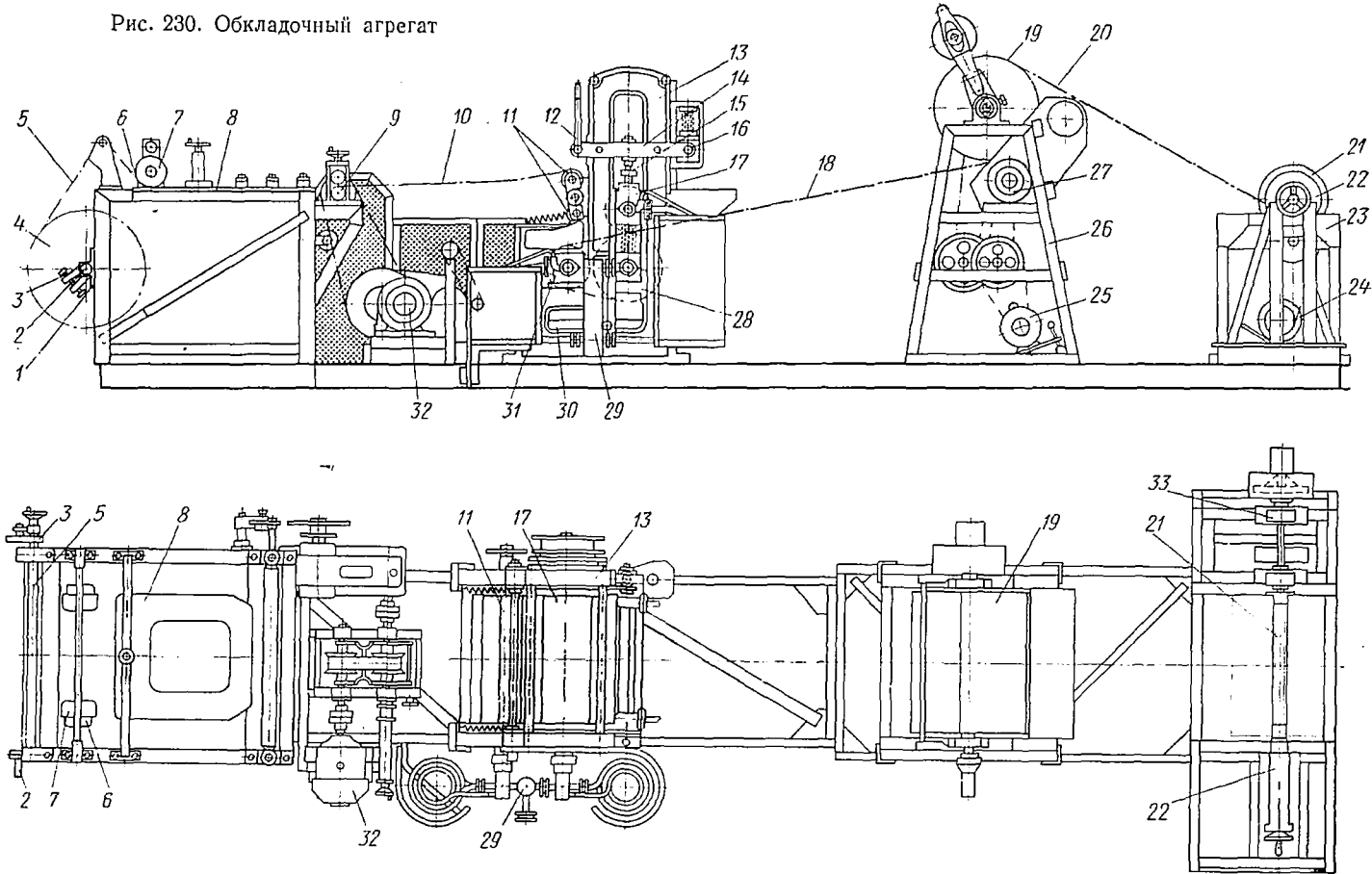
§ 2. ОБКЛАДОЧНЫЙ АГРЕГАТ

Полоса минерального войлока может быть покрыта бумагой. Для приклейки бумажной обкладки к поверхности войлока служит битумная мастика, которая тонким слоем наносится на одну сторону бумаги. Для этой цели применяют крафтцеллюлозную бумагу массой 0,16—0,18 кг/м². Для изготовления бумажной обкладки служит обкладочный агрегат, состоящий из бумагозагибочного, битумонаносного, охлаждающего и намоточного станков (рис. 230). Обкладочный агрегат устанавливают в цехе параллельно или недалеко от технологической линии для производства минераловатных прошивных матов и плит. Рулоны прокладочной бумаги с нанесенным слоем битумной мастики с намоточного станка обкладочного агрегата подаются тельфером на бумагоукладчик технологической линии (см. рис. 231).

Бумагозагибочный станок предназначен для загибания краев бумажной полосы на 180°. Бобина 4 с бумагой на специальном валу 2 и крепежными конусами устанавливается в опорные цапфы 1. Полоса бумаги 5 натягивается тормозом 3. Для изготовления обкладки с различной шириной отгибающие колодки 6 и колеса 7 передвигаются и крепятся в нужных рабочих позициях по ширине с помощью набора форматных пластин 8 различной ширины. Нижний приводной ролик 9 протяжного механизма станка работает от привода 32 соседнего битумонаносного станка через цепную передачу.

Битумонасосный станок 13 наносит на рабочую поверхность бумажной полосы тонкий слой нагретой битумной мастики.

Рис. 230. Обкладочный агрегат



Бумажная полоса с загнутыми краями 10 с помощью отклоняющих роликов 11 направляется на обмазку мастикой в зазор между отклоняющим 17 и обмазывающим 28 барабанами. Отклоняющий барабан 17 с помощью двух регулирующих винтов 15, опорного рычага 14 и рукоятки 12 с эксцентриком перемещается на небольшой угол вокруг оси 16, что обеспечивает подъем или опускание отклоняющего барабана 17 до соприкосновения с обмазывающим барабаном 28. Последний частично погружен в расплавленную битумную мастику, находящуюся в корыте 30 и подогреваемую регистром с давлением пара $7,9 \text{ Н/см}^2$. При вращении на поверхности барабана остается слой битумной мастики, который выравнивается по толщине с помощью передвижного слизывающего барабана 31 и винта с пружиной, регулирующих зазор между барабанами 28 и 31.

Таким образом, отрегулированная полоса бумаги огибает нижнюю часть барабана 17 и при соприкосновении с битумным слоем обмазывающего барабана 28 на ее поверхность наносится сплошной слой битумной мастики нужной толщины. Барабаны 17, 27 и 28 обогреваются паром от распределительной колонки 29, подающей пар в барабаны под давлением $4,9 \text{ Н/см}^2$.

После этого обкладочная лента 18 направляется на охлаждающий станок 26, где она прежде всего попадает на припудривающее устройство 27, наносящее на поверхность битумной мастики тонкий слой талька или мела, предохраняющий обкладочную бумагу от слипания при намотке. Затем бумага быстро охлаждается вследствие плотного прилегания к поверхности барабана 19, полость которого охлаждается проточной водой из водопровода.

Привод 25 охлаждающего барабана — фрикционный с электродвигателем мощностью 1,2 кВт и тонкой регулировкой для создания крутящего момента, достаточного лишь для вращения барабана и получения небольшого натяжения бумаги. Припудривающее устройство 27 представляет собой корыто для талька, в котором расположен барабан со щетками.

Намоточный станок состоит из станины 23, ведущей бабки 33 с приводом 24 и задней ведомой бабки 22. Бабки служат для крепления катушек 21, на которые наматывается обкладочная бумага 20. Привод станка — фрикционный с электродвигателем мощностью 1,2 кВт и создающий небольшой крутящий момент, достаточный лишь для неплотной намотки обкладочной бумаги на катушки.

Скорость движения бумажной ленты задается и регулируется вариатором привода 32 битумнаносного станка в пределах 20—25 м/мин (при установленной мощности электродвигателя 2,4 кВт) и обеспечивает среднюю производительность агрегата 1300 м длины обкладочной бумаги в час. Габаритные размеры агрегата: длина 7000 мм, ширина 2000 мм и высота 2200 мм.

§ 3. АГРЕГАТ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОШИВНЫХ МАТОВ

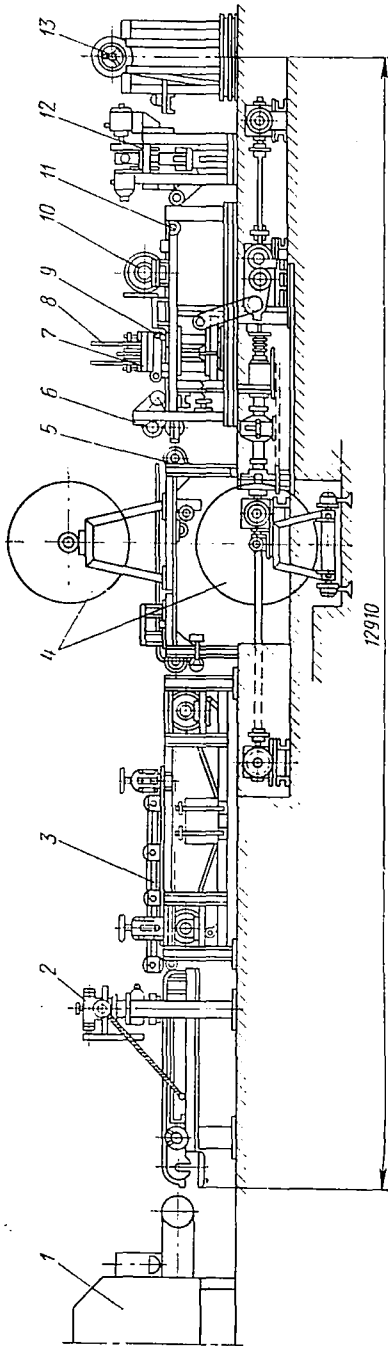


Рис. 231. Агрегат для производства прошивных матов

Прошивные маты изготовляют на поточной линии из минераловатного ковра с малым содержанием связующего, выходящего из камеры 1 волоконосаждения (рис. 231) на промежуточный конвейер 2, или из рулона ранее отдельно рулонированной ваты. С промежуточного конвейера 2 ковер ваты поступает на подпрессовочный конвейер 3. Далее на ковер ваты сверху и снизу с рулонов 4 бумагоукладчиков поступает бумажная обкладка. Затем ковер с бумажной обкладкой подается цепным конвейером 5 в прижимные ролики 6 прошивного стана 7, которые уплотняют еще не прошитый ковер. Прошивочные нити находятся на катушках 8 механизма прошивки 9, работа которого описана ниже. Далее прошитый ковер подается на ножи для продольной резки 10 и в устройство для проклейки 11 швов обкладок. Поперечная резка и рулонирование производятся на станке 12 для поперечной резки и на приспособлении для рулонирования 13.

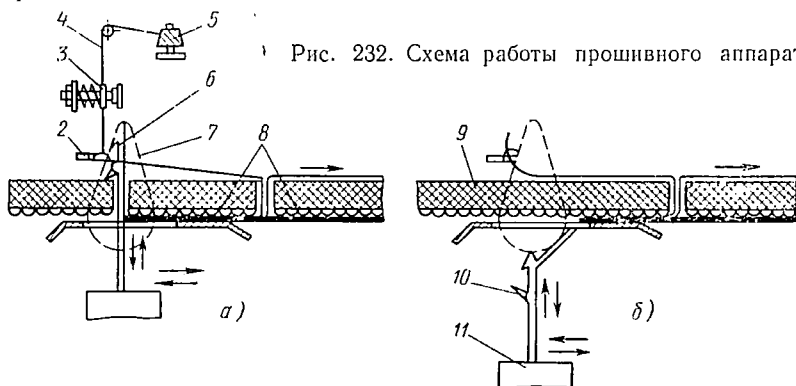
Минераловатные ковры с бумажной обкладкой прошиваются сплошными двусторонними швами в продольном направлении. Расстояние шва от кромки должно быть не менее 50 мм, расстояние между швами 110—170 мм, шаг шва от 80 до 120 мм. Прошивается ковер мягкой проволокой диаметром 0,3—0,8 мм, стеклянной, капроновой, хлопчатобумажной нитью или бумажным шпага-

том. Прошивочную нить выбирают в зависимости от вида обкладки и температуры, при которой будут применены маты.

Процесс прошивки ковра ваты происходит следующим образом.

На рис. 232, *а* показано, когда игла *б* прошивного аппарата прошла ковер и находится в верхнем положении, а на рис. 232, *б*— когда игла находится в нижнем положении и переместилась вместе с траверсой *11* обратно в исходное положение на величину стежка.

При этом процессе верхняя прошивная нить *4* с катушки *5* через нитяной тормоз *3* сматывается и опускается на верхнюю обкладку *9* движущегося по транспортеру минераловатного ковра *8*.



Когда иглы *б*, укрепленные на движущейся траверсе *11*, прокалывают ковер снизу вверх, нижняя обкладка *1* отбрасывает защелки *10*, и нить, сделав предыдущий стежок, выходит из зева иглы и обхватывает ее ниже защелки. После прокола ковра иглами вверх нитенаправитель *2* заводит верхнюю нить *4* в зев иглы. При обратном проходе игл через ковер вниз защелки закрываются и нижняя петля *7* нити соскакивает с иглы. Во время прошивки траверса *11* с закрепленными на ней иглами движется вместе с минераловатным ковром. После прошивки ковра траверса возвращается обратно в исходное положение, вытягивая нити для следующего стежка.

Число рядов прошивки может меняться в зависимости от количества установленных в аппарате прошивки игл и катушек с нитями и достигать 20.

Глава V. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОТОЧНАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАВИВНЫХ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ЦИЛИНДРОВ

Автоматическая поточная линия для непрерывного производства минераловатных термоизоляционных цилиндров и цилиндрических скорлуп способом навивки работает на базе описанного

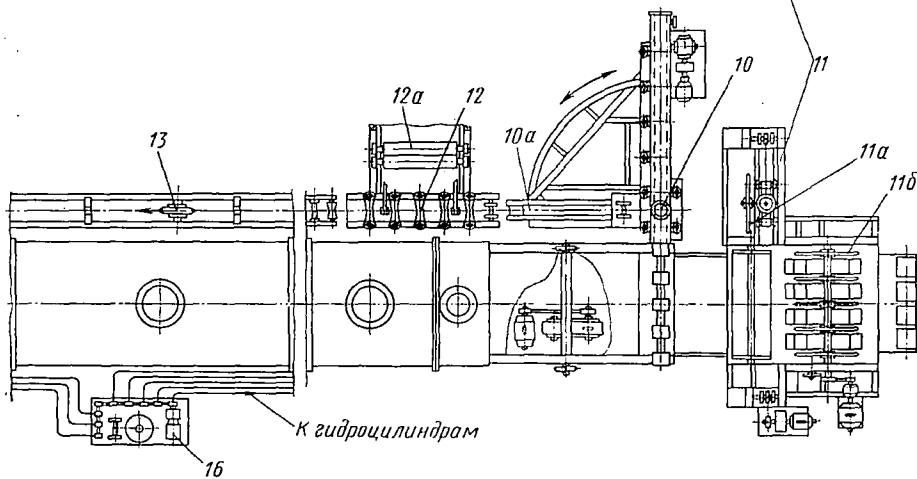
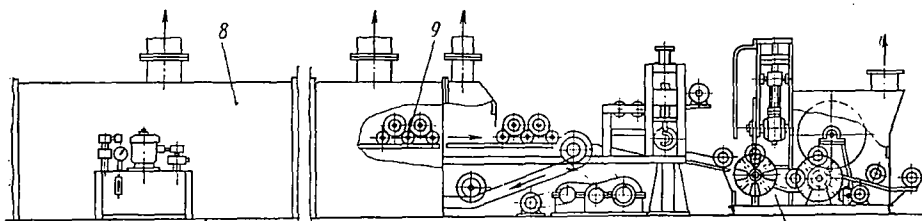
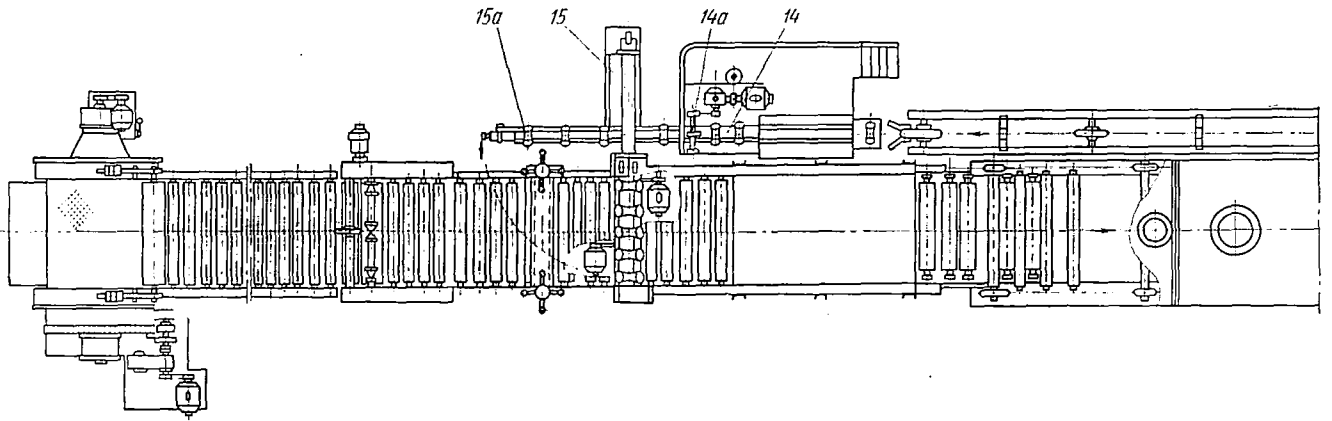
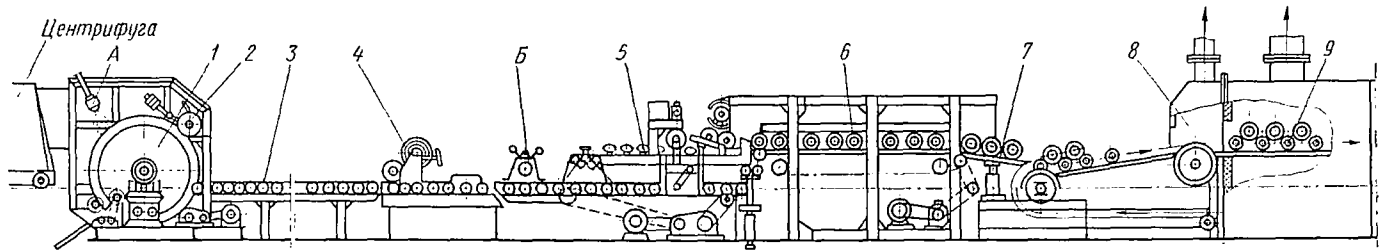


Рис. 233. Автоматическая поточная линия для производства навивных минераловатных цилиндров

выше серийного оборудования для получения минерального расплава, волокнообразующего и волокноосаждающего оборудования для производства минеральной ваты.

§ 1. СЕРИЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В линию входит следующее серийное оборудование: 1) ватер-жетная вагранка с копильником либо ванная печь для минераловатного расплава; при использовании шлака металлургического производства в линию устанавливают печь-шлакоприемник; 2) фильерное устройство или лёточная панель, которые обеспечивают равномерное истечение расплава на волокнообразующий

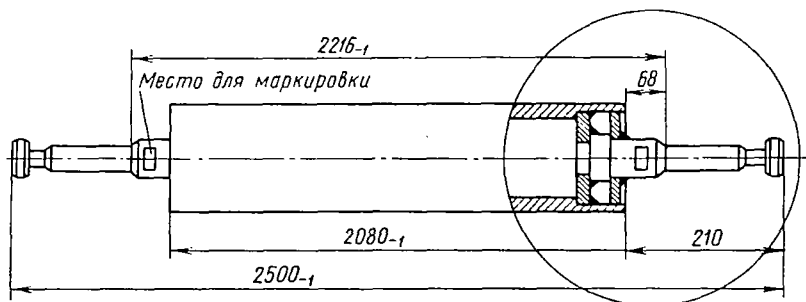


Рис. 234. Скалка

агрегат; 3) в качестве волокнообразующего агрегата может быть установлена дисковая центробежная центрифуга с вертикальной или горизонтальной осью вращения либо центробежно-дутьевой или газоструйный волокнообразующий агрегат, либо многовалковая центрифуга с направленным отдувом волокна; 4) для равномерного осаждения волокна и формирования ковра требуемой толщины в линию устанавливают либо обычную камеру осаждения с сетчатым транспортером, либо камеру барабанного типа 1 с подпрессовочным барабаном 2 (рис. 233); 5) два или три промежуточных приводных рольганга 3; 6) на случай вынужденной установки или выхода из строя одного из агрегатов линии устанавливают машину для обкладки бумагой и рулонирования минераловатного ковра с ножами для продольной резки и автоматическим ножом 4 для поперечной резки.

Специальное оборудование автоматической линии (рис. 233): станок-автомат 5 рольгангового типа для навивки на скалки минераловатных цилиндров; станок 6 конвейерного типа для прокатки и калибрования цилиндров; питатель 7 для подачи откалиброванных цилиндров на роликовый конвейер; конвейерное сушило 8 с транспортирующими роликами 9; станок для выемки скалок 10 из высушенных цилиндров с механизмом удержания цилиндров при вынимании скалок, щеточной обоймой для чистки скалок, механизмов для поворота скалок на 90° и передачи их на

конвейер возврата скалок; станок-автомат 11 для продольного и поперечного разрезания цилиндров; промежуточный рольганг 12 с гидравлическим устройством для разгрузки и загрузки скалок; цепной конвейер 13 для возврата скалок на навивку; устройство 14 для смазки скалок; станок 15 для подачи скалок на навивку с механизмом поворота скалок на 90°; два гидропривода 16 (производительностью 100 л/мин каждый) для привода гидроцилиндров головной (до сушила) и концевой (после сушила) части линии и скалки (рис. 234) десяти типоразмеров диаметром от 114 до 346 мм общим количеством 1260 шт.

Линия работает следующим образом.

Минеральный расплав, получаемый из вагранки или ванной печи, подается через лёточную панель или фильерное устройство на центрифугу или другой волокнообразующий агрегат.

Волокна, вырабатываемые центрифугой из расплава, осаждаются на приводном перфорированном барабане 1 камеры волокноосаждения (см. рис. 233), где они с помощью форсунок А пропитываются фенолоспиртами. Полученный ковер подпрессовывается до требуемой толщины при помощи подпрессовочного барабана 2, а затем поступает по рольгангу камеры и промежуточным секционным рольгангам 3 (через захватывающие валки Б) на роликовый транспортер автоматического станка для навивки минераловатных цилиндров 5. В случае выключения линии навивки цилиндров, ковер минеральной ваты рулонизируется на станке 4.

§ 2. АВТОМАТИЧЕСКИЙ СТАНОК ДЛЯ НАВИВКИ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ЦИЛИНДРОВ

Станок (рис. 235) состоит из откидного рольганга 1, захватывающих валков 2, приводного рольганга 3, станины 4, гидравлических рычагов 6 для съема скалок с поворотного рычага 5, магазина 7 для скалок, двух силовых гидроцилиндров 20 двустороннего действия с прикрепленными к их штокам подающими роликовыми головками 12, приводной поворотной регулируемой роликовой батарее 16, которая служит для заправки ковra на скалки разного диаметра, двух навивочных барабанов 18 и 19, приводного вала 23 с электромагнитной и обгонной муфтами на концах. По команде через реле времени 10 подключается один из двух регулируемых электроприводов постоянного тока, работающих непрерывно с разной скоростью: рабочий привод 22 — для процесса навивки и скоростной 24 — для отрыва ковra.

В процессе работы станка гидравлические рычаги 6 снимают скалки с поворотного рольганга 5 подающего конвейера возврата, и они скатываются по склизу магазина 7. С направляющих магазина скалки снимаются захватами-склизами 8 подающих роликовых головок 12 при движении последних вверх. Далее, во время опускания, т. е. подачи, скалка скатывается по захватам-склизам

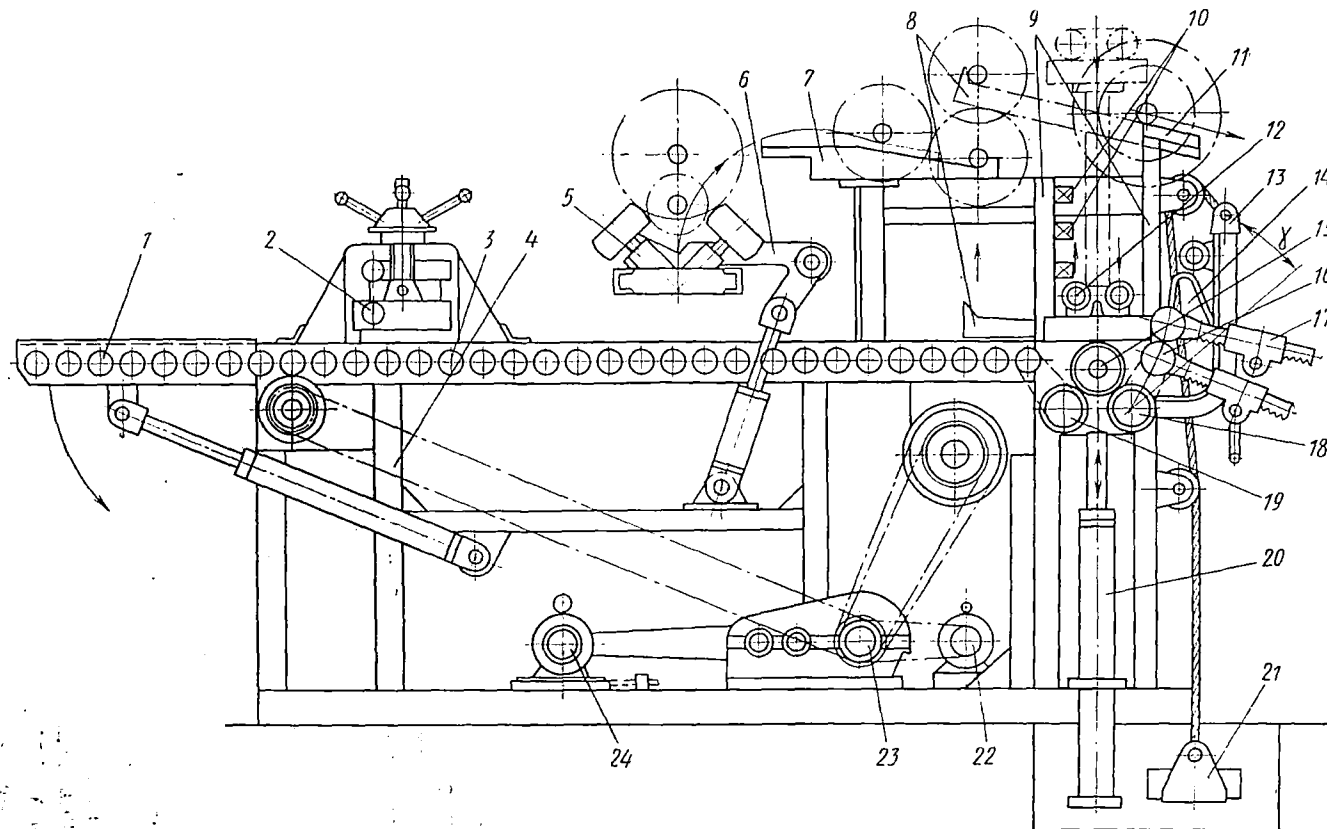


Рис. 235. Автоматический станок для навивки минераловатных цилиндров

до вертикальных направляющих 9, в которых под действием силовых цилиндров 20 движутся подающие роликовые головки 12.

По пути вниз подающие роликовые головки отклоняют своими копирами 14 заправочную роликовую батарею 16, освобождая путь очередной скалке для укладки ее на навивочные барабаны. Подающие роликовые головки под действием собственного веса опускаются ниже таким образом, что наклонные пути головок уходят из-под цапф скалки 15 и она ложится на навивочные барабаны 18 и 19, а цапфы ее охватываются сверху роликами головки. Роликовая заправочная батарея 16 под действием противовеса 21 прижимается к скалке и охватывает ее по окружности. Механизм заправки батарей снабжен реечными регулировочными устройствами 17 для настройки заправочных роликов на требуемый диаметр скалки. При этом конец ковра ваты, поступающий на станок после отрыва, движется по приводному рольгангу 3, проходит под скалку 15 и, двигаясь по навивочным барабанам и заправочным роликам, навивается на нее. По мере увеличения толщины навивки заправочная роликовая батарея 16, заключенная в поворотную обойму 13, под действием противовеса прижимаясь к навиваемому цилиндру, отклоняется, поворачиваясь относительно оси крайнего навивочного барабана 18 на угол γ . Подающие головки силовых цилиндров по мере навивки прижимаются за счет взаимодействия роликов с цапфами поднимающейся скалки с навитым ватным цилиндром.

Как только диаметр навиваемого ватного цилиндра достигнет некоторого расчетного, от реле времени 10 дается команда электромагнитной муфте на подключение приводного вала 23 к скоростному приводу 24 для отрыва ковра и на отключение обгонной муфты рабочего привода 22.

Ковер ваты отрывается за счет разности линейных скоростей движения ковра при отрыве и навивке. Оторванный конец навивается с повышенной скоростью. При этом между концами ковра образуется интервал, необходимый по времени для разгрузки навитого цилиндра и заправки ковра на следующую скалку. По окончании навивки очередного ватного цилиндра до заданного размера от реле времени 10 дается команда на рабочий ход силовых гидроцилиндров 20 вверх и на подключение рабочего привода 22 и отключение скоростного 24.

При ходе вверх ролики подающих головок отрываются от цапф скалки и последние скользят по вертикальным направляющим до момента совпадения плоскостей наклонных путей головок с концами 11 вертикальных направляющих, после чего скалка с навитым ватным цилиндром скатывается на приемное устройство станка для прокатки и калибрования. При ходе вверх копиры подающих головок отклоняют заправочную батарею для прихода навитого цилиндра. Затем рабочий цикл станка автоматически повторяется.

По окончании навивки с помощью реле времени включаются рабочий привод и гидроцилиндры роликовых головок, и скалка с навитым цилиндром поднимается и скатывается на захваты (поводки) цепного транспортера станка для прокатки и калибрования.

§ 3. СТАНОК ДЛЯ ПРОКАТКИ И КАЛИБРОВАНИЯ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ЦИЛИНДРОВ

Станок (рис. 236) представляет собой металлическую сварную раму, на которой смонтированы цепной конвейер с поводками и калибрующий шарнирный деревянный щит.

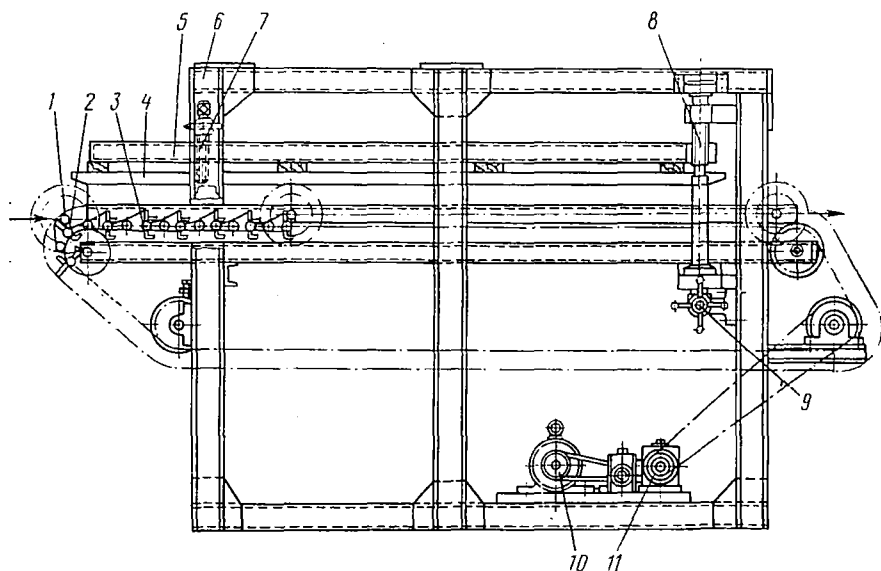


Рис. 236. Станок для прокатки и калибровки минераловатных цилиндров

Со станка навивки скалки 1 с навитыми на них ватными цилиндрами минеральной ваты скатываются до упора, снимаются поводками 2 цепного конвейера 3 и протаскиваются ими под деревянным калибрующим щитом 4. Последний подпрессовывает навитую вату и калибрует минераловатные цилиндры по наружному диаметру.

Калибрующий щит закреплен на швеллерной раме 5, которая одним концом со стороны выдачи откалиброванных цилиндров шарнирно подвешена на направляющих распорной балки рамы 6 станка. На входной стороне щит настраивается на требуемый диаметр минераловатных цилиндров с помощью двух ходовых винтов 7, связанных между собой цепной передачей, и двух ходовых винтов 8, синхронизированных с помощью промежуточного вала и конической передачи 9. При подаче на станок калибрования ват-

ного цилиндра излишне большого диаметра щит отжимается не только на входной стороне станка, но и на выходе — щит поднимается и замыкает контакт звукового сигнала о выдаче нестандартного цилиндра. Сила подпрессовки может регулироваться с помощью добавочного груза в виде пластин, укладываемых на раму щита сверху. Цепной конвейер 3 протаскивает скалки с калибруемыми ватными цилиндрами со скоростью 1 м/мин и приводится в движение от регулируемого электропривода 10 постоянного тока через червячный двухступенчатый редуктор 11 с общим передаточным числом $i = 780$ с помощью клиноременной и цепной передач.

Откалиброванные цилиндры на скалках скатываются на направляющие магазина, откуда гидравлическим рычажным питателем 7 (см. рис. 233) по одной подаются на транспортирующие ролики конвейера сушилка 8.

Тяговый элемент роликового конвейера представляет собой цепь, в гнезда звеньев которой вставлены цапфы транспортирующих роликов 9. Ролики при движении цепи катятся по направляющим путям, а скалки с навитыми цилиндрами при этом вращаются вокруг своих осей.

Для транспортирования цилиндров всех десяти типоразмеров с наружными диаметрами от 214 до 346 мм конвейер снабжен парком роликов одного диаметра 299 мм (без переналадки), цапфы которых вставляются в гнезда цепи с шагом 400 мм.

Для полимеризации фенола, пропитывающего минераловатные цилиндры, дымовые газы, нагретые до 453°K , подаются под движущийся конвейер, проходят через зазоры между роликами и через тело изделий и из верхней части туннеля отсасываются на рециркуляцию и частично у торцов сушилка на выброс. Кроме того, вследствие соприкосновения горячих роликов с изделиями происходит контактная сушка. Тепловой режим сушилка регулируется средствами автоматики и теплового контроля.

Пройдя процесс полимеризации связки, высохшие цилиндры со скалками скатываются с роликового конвейера на направляющие магазина станка для выемки скалок.

§ 4. СТАНОК ДЛЯ ВЫЕМКИ И ЧИСТКИ СКАЛОК

Станок (рис. 237) предназначен для выемки скалок поступающих из сушилки высушенных минераловатных цилиндров и передачи их (торцом вперед) на конвейер возврата скалок на навивку. Станок состоит из накопителя скалок с питателем, зажимного устройства, механизма выемки скалок и их очистки, поворотного устройства и толкателя для передачи скалок на конвейер возврата скалок на навивку. Станок работает следующим образом: скалка с навитым цилиндром с конвейера сушилки (см. поз. 8 на рис. 233) скатывается на направляющие питателя 3. На конвейере сушилки установлен конечный выключатель, который

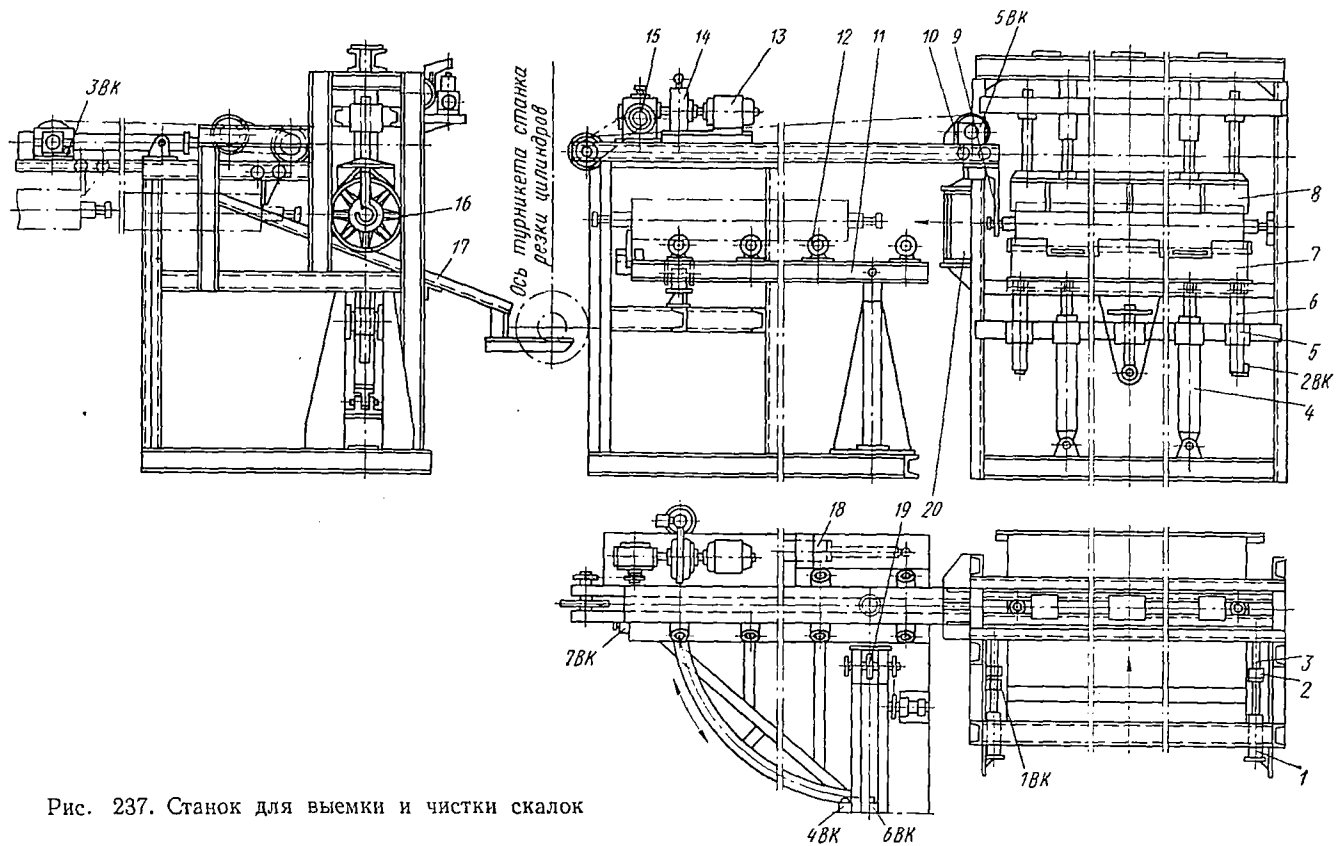


Рис. 237. Станок для выемки и чистки скалок

при воздействии на него проходящей скалки подает команду на золотник гидроцилиндра 1 питателя. Кулачками 2 питателя скалка с минераловатным цилиндром подается в захваты 7 и 8 зажимного механизма и в крюк вытаскивателя 9 скалок. При этом в конце хода гидроцилиндра питателя от конечного выключателя 1ВК подается команда на возврат кулачков в исходное положение и на зажим минераловатного цилиндра. Механизм зажима представляет собой два захвата: нижний 7 и верхний 8, которые осуществляют зажим минераловатного цилиндра четырьмя гидроцилиндрами 4. Захваты снабжены каждый двумя штоками 6, движущимися в направляющих 5 для предотвращения перекосов. По окончании зажима срабатывают конечные выключатели 1ВК в конце хода толкателя питателя и 2ВК в конце хода штоков механизма зажима и включается электропривод каретки 10 вытаскивателя скалок. Каретка приводится в движение цепью от электродвигателя 13 через червячный редуктор 15. Для точной остановки каретки привод снабжен электрогидравлическим тормозом 14. Скалка выдвигается на ролики 12 поворотной платформы 11. В конце хода цепного вытаскивателя срабатывает конечный выключатель 3ВК, при этом захваты механизма зажима расходятся, поворотная платформа 11 гидроцилиндром 18 поворачивается на 90°, а минераловатный цилиндр скатывается на станок резки. В конце хода поворотная платформа воздействует на конечный выключатель 4ВК, а при возвращении захватов механизма зажима выключатель 2ВК и вытаскиватель возвращают крюк в исходное положение, а цепной толкатель 19 сталкивает скалку на конвейер возврата. При возвращении крюка 9 в исходное положение срабатывает наконечник 5ВК, а в конце хода толкателя — 6ВК, после чего поворотная платформа возвращается в исходное положение, нажимает на конечный выключатель 7ВК, по команде которого возвращается в исходное положение цепной толкатель, и станок подготовлен к выемке следующей скалки. Конечные выключатели 2ВК, 5ВК, 7ВК одновременно являются и блокировочными; 2ВК контролирует работу гидроцилиндра зажима, 5ВК фиксирует возврат крюка в исходное положение, а 7ВК контролирует возврат поворотной платформы.

На раме механизма зажима установлена кассета 20, в которую вставляются щетки 16 для чистки скалок. Станок снабжен лотком 17, по которому освобожденные от скалок цилиндры скатываются на приемный турникет станка резки (см. поз. 11 рис. 233), где они разрезаются дисковым ножом 11а по верхней образующей цилиндра и надрезаются по нижней образующей, а также разрезаются дисковыми ножами 11б поперек на мерные длины. Со станка резки цилиндры выкатываются на приемный стол, откуда отправляются на склад.

Скалки же поворотной платформой станка выемки скалок 10 (см. рис. 233) подаются под цепной толкатель 10а и последним передаются на промежуточный регулируемый рольганг 12 с ги-

гидравлическим устройством для разгрузки и загрузки скалок на стеллаж *12a*, а с него на цепной конвейер *13* возврата скалок, расположенный параллельно оси поточной линии.

С конвейера возврата скалки поступают на устройство для смазки *14*, снабженное трубчатыми электронагревателями для подогрева петролатума. Скалки протаскиваются через механизм смазки с помощью цепного толкателя периодического действия.

Механизм смазки *14a* выполнен в виде двух приводных секционных барабанов с продольной прямоугольной нарезкой, в промежутках между секциями которых смонтированы круглые щетки, смазывающие скалку расплавленным петролатумом.

Затем скалки передаются на станок для подачи скалок на навивку *15*.

Станок выполнен в виде рольганга *15a*, поворачивающегося в горизонтальной плоскости на 90° на шариковом опорно-поворотном устройстве. Поворот осуществляется с помощью гидроцилиндра после нажатия на конечный выключатель роликовым толкателем устройства для смазки скалок *14*.

После поворота на 90° (перпендикулярно оси линии) скалка выдвигается цепным толкателем с гидравлическим приводом на неприводной рольганг на станке навивки до упора. После воздействия цепным толкателем в конце хода на конечный выключатель скалка рычажным механизмом подается на направляющие магазина скалок автоматического станка навивки *5*.

Все станки и механизмы линии снабжены регулируемыми приводами.

† Силовые движения головной и концевой части линии (до сушила и после сушила) выполняются гидроцилиндрами с помощью двух групповых гидроприводов *16* производительностью 100 л/мин каждый при рабочем давлении в системе $50 \cdot 10^6$ Н/м².

Линия выполняется в правом и левом исполнении, т. е. конвейер возврата скалок и станки выемки, смазки и подачи скалок расположены справа или слева линии.

Все станки могут работать как в автоматическом режиме, так и с ручным управлением.

Управление станками может осуществляться с центрального пульта, а также с помощью кнопок, расположенных на щитках у каждого станка.

Все оборудование линии снабжено электроблокировкой на случай аварии отдельных агрегатов.

При вынужденной остановке части линии, а именно оборудования для навивки минераловатных цилиндров, получаемый на первой части линии минераловатный ковер рулонизируется с прослаиванием бумагой на встроенной в линию автоматической машине для рулонирования.

Особенностью этой машины является наличие в ней механизма предварительного рулонирования, снабженного узлами подачи и резки бумаги, а также выдвижного, на катках, рольганга для

выдачи готовых рулонов со станка в бок, в любую сторону. Машина рольгангового типа. Она может служить и в качестве промежуточного рольганга. Выдвижной разгрузочный рольганг снабжен механизмом автоматического сцепления с основным рольгангом машины.

Мощность приводов цепных конвейеров описанных выше станков, которые в процессе обработки приводят в движение скалки и навитые на них минераловатные цилиндры, рассчитывают путем определения работы, затрачиваемой на преодоление сопротивления холостого хода конвейера N_0 , преодоление сопротивления перемещению конвейером скалок и цилиндров N_1 , на подъем скалок и цилиндров на заданную высоту N_2 :

$$N_0 = \frac{Wq_0Lv}{75};$$

$$N_1 = \frac{WqLv}{75};$$

$$N_2 = \frac{(q + q_0)vH}{75},$$

где W — сопротивление движению конвейера в кг; q_0 — масса 1 м длины движущихся частей конвейера в кг; q — нагрузка на 1 м длины конвейера в кг/м; L — длина конвейера в м; v — скорость движения конвейера в м/с; H — высота подъема в м.

Мощность электродвигателя привода конвейера

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_0 + N_1 + N_2}{1,36\eta_1\eta_2},$$

где η_1 и η_2 — к. п. д. привода и электродвигателя.

Линия для навивки минераловатных цилиндров рассчитана на переработку до 1200 кг/ч минераловатного ковра шириной 2050 мм. Длина готовых минераловатных цилиндров 500 и 1000 мм при наружном диаметре от 214 до 346 мм десяти типоразмеров.

Общая установленная мощность электродвигателей 303 кВт. Гидроцилиндры станков линии обслуживает групповой (на десять цилиндров) гидропривод с насосом производительностью 100 л/мин при рабочем давлении в гидросистеме $50 \cdot 10^5$ Н/м².

Глава VI. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ПЛИТОК

Акустические плитки размером 300 × 300 мм или 500 × 500 мм толщиной от 20 до 40 мм изготовляют (с точностью ± 0,1 мм) из гранул минеральной ваты, пропитанных крахмальным раствором. Плитки формуются, высушиваются, обрабатываются и окрашиваются.

§ 1. ПОТОЧНАЯ ЛИНИЯ

Исходный материал в виде рулонов минеральной ваты (рис. 238) со склада подается с помощью механического транспорта в рыхлитель 1; быстровращающимися пальцеобразными билами рулон ваты разбивается на мелкие куски, которые по течке 2 сбрасываются в гранулятор. Рыхлитель снабжен системой аспирации для предотвращения пыления; в особенности при открывании крышки для загрузки минеральной ваты.

При вращении лопастей гранулятора 3 куски ваты измельчаются, окатываются и превращаются в мелкие гранулы, которые опускаются по течке 4 для очистки от примеси пыли и корольков. Сито-бурат 4 для очистки от примеси пыли и корольков. Сито-бурат серийного выпуска снабжается кожухом, связанным с системой аспирации. Из сита-бурата гранулы сыпаются в промежуточный бункер 5, откуда при помощи вибропитателя 6 гранулы равномерным потоком подаются в смесительный барабан 7. Одновременно и непрерывно в барабан 7 (диаметром 600 мм и длиной 1800 мм) поступает раствор связующего из реакторов-мешалок, расположенных над смесительным барабаном; постоянный уровень связующего поддерживается непрерывной подачей его и сливом излишка в систему рециркуляции. В результате вращения барабана и спиралеобразного перемещения гранул они быстро перемешиваются раствором и пропитываются.

Раствор связующего готовится в трех реакторах-мешалках емкостью 250 л каждый. В реакторе 8 крахмал растворяется

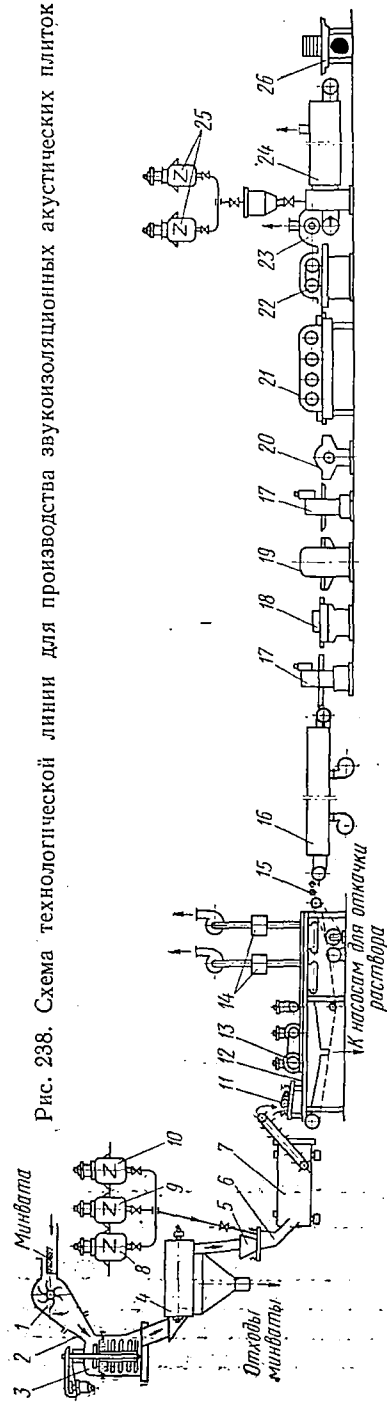


Рис. 238. Схема технологической линии для производства звукоизоляционных акустических плиток

и заваривается в воде с температурой до 100°С. В реакторах 9, 10 раствор крахмала добавляется холодной воды с перемешиванием доводится до нужной консистенции, причем в то время как в одном реакторе готовится раствор связующего, из другого реактора питается смесительный барабан.

Из смесительного барабана влажная масса, состоящая из гранул и связующего, при помощи скребкового транспортера подается на вибрлоток 11, который равномерно распределяет массу по ширине ленты конвейера 12 машины формования. Масса, формируемая в непрерывную ленту толщиной от 22 до 45 мм и шириной 315 мм, подвергается обжиму валками 13. Оставшаяся влага удаляется вакуумотсосом 14 при помощи двух вентиляторов. Отжатый раствор связующего поступает в систему рециркуляции раствора.

Сетчатый конвейер машины формования движется синхронно с конвейером сушилки 16, установленной после машины формования.

Скорость конвейеров машины формования и сушилки одинакова и регулируется в пределах 0,2—2,0 м/мин с помощью общего привода от регулируемого электродвигателя постоянного тока. Отформованная сырая лента с конвейера машины формования при помощи короткого рольганга 15 подается на конвейер сушилки 16, где она сушится регулируемым тэнами с обдувом рециркулируемым горячим воздухом с частичным выбросом в атмосферу. После выхода из сушилки лента звукоизоляционного материала разрезается на отдельные плиты длиной 600 или 900 мм механизмом 17 поперечной резки. Пильный диск механизма 17 в поперечном направлении перемещается специальным пневмоустройством.

После поперечной резки плиты поступают на фуговальный станок 18 для обработки фрезой базовой нижней поверхности. По толщине плиты, учитывая допуск $\pm 0,1$ мм, доводятся на рейсмусовом станке 19. Затем длинные плиты разрезаются на плитки заданного размера 300 × 300 или 500 × 500 мм с припуском для дальнейшей обработки на форматном станке 20, где фрезами обрезаются кромки и снимаются фаски. Эти станки выпускаются серийно для деревообделочной промышленности.

Для улучшения акустических свойств на лицевую поверхность плитки наносится тисненый в глубину 2—5 мм рисунок на фактурном станке 21 с помощью тисняльных барабанов, на цилиндрической поверхности которых укреплены выпуклые штифты самой разнообразной формы (рис. 239).

Изготавливают акустические плитки, на поверхности которых вместо тисненого узора просверливают на 5—10 мм углубления диаметром 3—5 мм. Сверление производится на специальном сверлильном станке, имеющем многшпindleльную сверлильную головку.

После сверления или тиснения наружная поверхность плиток обрабатывается на шлифовальном станке 22 (см. рис. 238) для снятия шероховатости после тиснения.

Пыль с поверхности плиток удаляется при помощи щеток на специальном столе 23 с отсосом в систему аспирации. Затем плитки красят и сушат в специальном агрегате 24. Краску в два приема наносят распылением форсунками с последующей сушкой тэнами и отсосом воздуха в систему аспирации. Поливинилацетатную краску приготавливают в двух реакторах 25, выполняющих

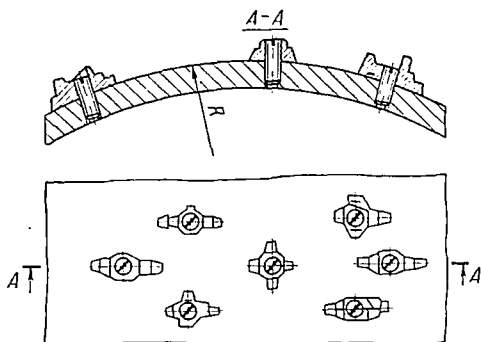


Рис. 239. Крепленые штифтов на тиснильных барабанах

роль мешалок, емкостью по 25 л каждый. От реакторов к расходным бачкам, установленным над агрегатом окраски, краска подается по трубопроводу при помощи сжатого воздуха, выжимающего краску из реактора. Окрашенные и высушенные плитки подвергают визуальной контроле на столе 26 и упаковывают в бумагу.

Ниже дано описание только специального оборудования, предназначенного для производства акустических плиток.

§ 2. ГРАНУЛЯТОР

Гранулятор (рис. 240) предназначен для образования из минеральной ваты гранул диаметром от 2 до 10 мм.

Куски ваты из рыхлителя поступают по течке 1 на гребенку с неподвижными 2 и вращающимися 3 лопастями, которые разбивают крупные куски ваты на мелкие. Последние попадают на расположенные ниже лопатки 4, завихряются окатываются и, приобретая форму гранул, опускаются вниз и далее через нижнюю течку 5 поступают в течку сита-бурата.

Гранулятор имеет вертикальный вал 6, на котором крепятся вращающиеся гребенки и лопасти.

Приводной конец вала имеет широкоопорный шарикоподшипниковый узел, заключенный в стакан 7, защищенный от проникновения пыли сальниковыми кольцами 8. Клиноременный привод 9 с электродвигателем 10 мощностью 1,5 кВт и натяжным приспособлением 11 смонтирован на кронштейне 12.

Частота вращения вала гранулятора составляет 350 об/мин, производительность около 60 кг/ч. Все фланцевые соединения гранулятора герметизированы резиновыми прокладками.

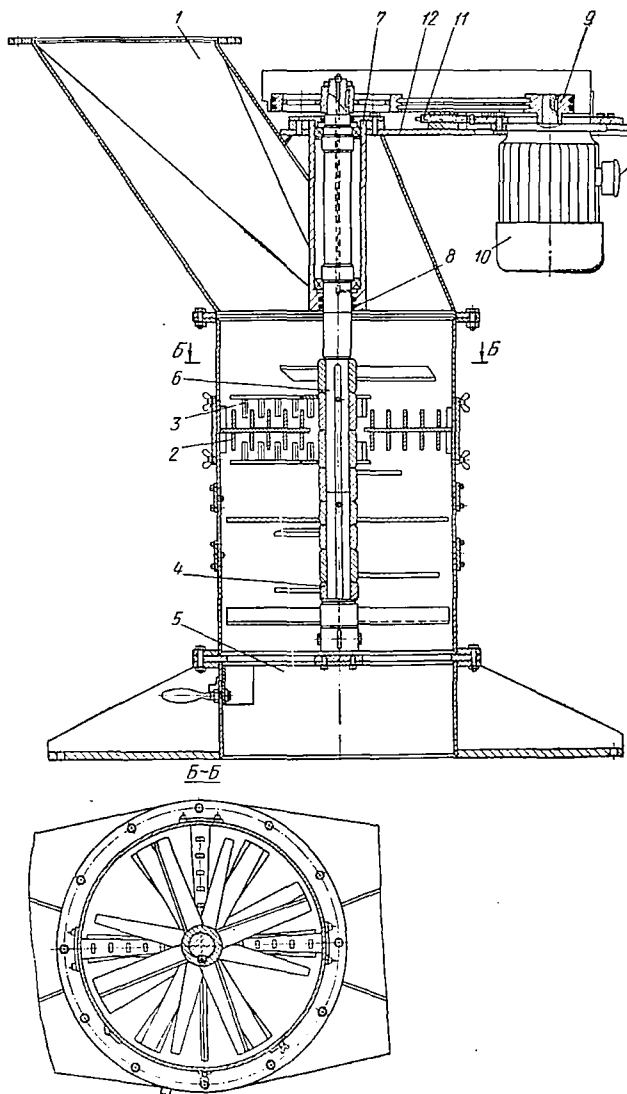


Рис. 240. Гранулятор для минеральной ваты

§ 3. ФОРМОВОЧНАЯ МАШИНА

Влажная масса, состоящая из гранул ваты и раствора крахмала, из смесительного барабана скребковым элеватором подается на вибрационный лоток, а с него, слегка обезвоженная, сливается в приемный вибрационный лоток 1 формовочной машины

(рис. 241) и подхватывается движущейся сеткой 2 формовочного конвейера машины. Толщина слоя массы при выходе с лотка регулируется специальным шибером 3. Далее масса, продвигаемая сетчатым конвейером, попадает под отжимной механизм 4 машины, состоящий из двух валков с натянутой между ними бесконечной резиновой лентой 5. Положение валков отжимного механизма по высоте и сила его прижима к столу и роликовым опорам 6, по которым движется сетка, регулируются винтовыми механизмами с пружинами 7. По бокам масса удерживается боковыми склизми 8. Кроме того, отжимное устройство регулируется по углу наклона в сторону выхода ленты в пределах $0-10^\circ$.

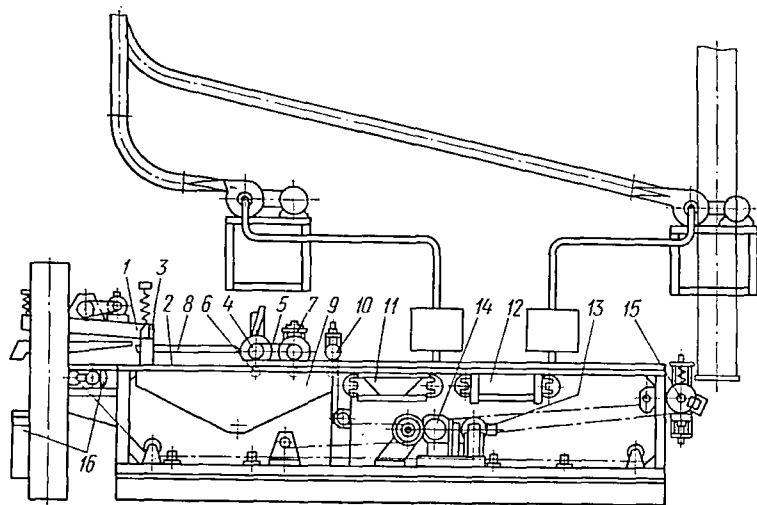


Рис. 241. Формовочная машина

Отжатый раствор крахмала сливается в емкость 9, откуда поступает в рециркуляционную сеть.

После обжима ватной ленты до заданной толщины она подается под сдвигающий валок 10, который имеет окружную скорость несколько меньшую, чем скорость сетки конвейера машины. Вследствие создающейся фрикции между поверхностью материала и поверхностью прижатого сдвигающего валка поверхностный слой материала несколько сдвигается, и на нем образуются трещины, которые улучшают акустические свойства плиток. Положение сдвигающего валка и сила прижима регулируются винтовым устройством с пружинами.

Отжимное устройство 4 и сдвигающий валок 10 приводятся во вращение от общего регулируемого привода с электродвигателем постоянного тока формовочной машины с помощью цепных передач. Далее сетка конвейера формовочной машины, несущая отжатую ватную ленту, проходит под двумя последовательно рас-

положенными герметизированными вакуумными полостями 11 и 12. В этих полостях посредством подключенных к ним вентиляторов с напором 1000 мм вод. ст. поддерживается разрежение 800 мм вод. ст.

Вакуум в полостях 11 и 12 позволяет дополнительно удалить часть лишнего раствора крахмала, который собирается в емкость и насосами удаляется в промежуточный бак раствора (рис. 242).

После вакуумирования ватная лента направляется через короткий рольганг в сушильную камеру, а сетка конвейера формовочной машины отводится вниз и поступает на приводной ролик тянущего устройства 13 (см. рис. 241), который приводится

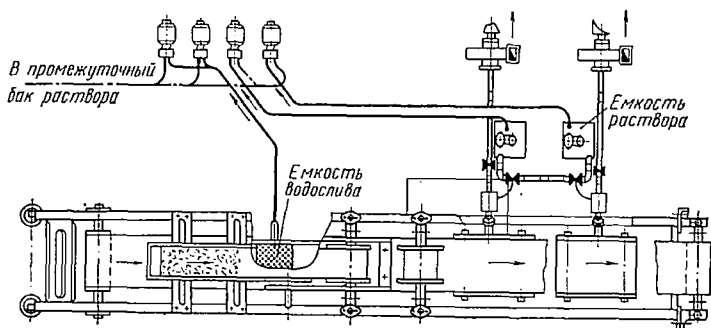


Рис. 242. Схема вакуумирования и рециркуляции раствора крахмала

во вращение от регулируемого привода 14 с электродвигателем мощностью 1,6 кВт. Этот привод обеспечивает работу машины формования со скоростью формования от 0,2 до 2 м/мин. Таким образом, машина может обеспечить формование от 37 до 370 плиток в час при длине плиток 325 мм с припуском на обработку.

В месте отвода сетки конвейера формовочной машины вниз установлен правильный ролик 15, который служит для центровки ленты сетчатого конвейера с помощью регулировки положения его оси установочными винтами. Натяжение сетки конвейера обеспечивается грузовым натяжным устройством 16.

§ 4. ФАКТУРНЫЙ СТАНОК

Станок (рис. 243) служит для нанесения на лицевую поверхность плиток тисненого рисунка самой разнообразной формы на глубину 2—5 мм с помощью двух, трех или четырех тиснильных барабанов.

На сварной раме 1 станка размещен неприводной рольганг 2. Горизонтальность рольганга обеспечивается установочными винтами. На той же раме установлены и тщательно выверены четыре тиснильных приводных барабана 3. Первый барабан приводится во вращение от регулируемого привода 4 с электродвигателем

постоянного тока мощностью 1,5 кВт, а три следующих барабана — с помощью звездочек и цепной передачи 5.

При наружном диаметре тиснильных барабанов 310 мм привод обеспечивает наименьшую линейную скорость обработки плиток 1,645 м/мин и наибольшую — 16,45 м/мин. Длина тиснильных барабанов в зависимости от размера выпускаемой плитки может

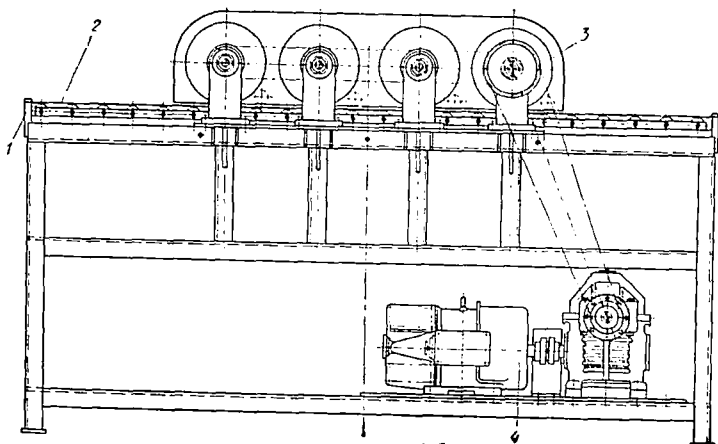
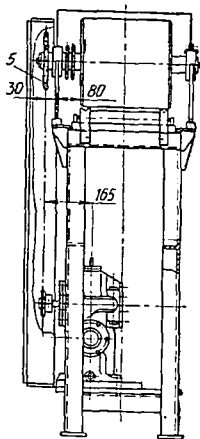


Рис. 243. Фактурный станок



быть 320 или 520 мм. На поверхности каждого барабана в шахматном порядке расположены резьбовые отверстия диаметром 2,5—3 мм, в которых с помощью винтов закреплены металлические или пластмассовые штифты разнообразной формы (рис. 239), предназначенные для нанесения на плитки тисненого узора.

§ 5. СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФАСОК И СВЕРЛЕНИЯ

На станине 1 станка для обрезки и снятия фасок (рис. 244) расположены транспортер 2 и две головки с фрезой 3 для обрезки кромки и снятия фаски со своим электродвигателем каждая. Эти головки можно устанавливать на размер обрезки от 300 до 500 мм. Кроме того, станок снабжен пневматическим толкателем 4, имеющим ход, равный 600 мм. Скорость транспортера 5 м/мин, производительность станка около восьми плит в минуту.

Для придания лучших акустических свойств некоторые виды плит выпускают с большим количеством просверленных углублений на лицевой поверхности плитки диаметром от 2 до 5 мм и глубиной 5—10 мм.

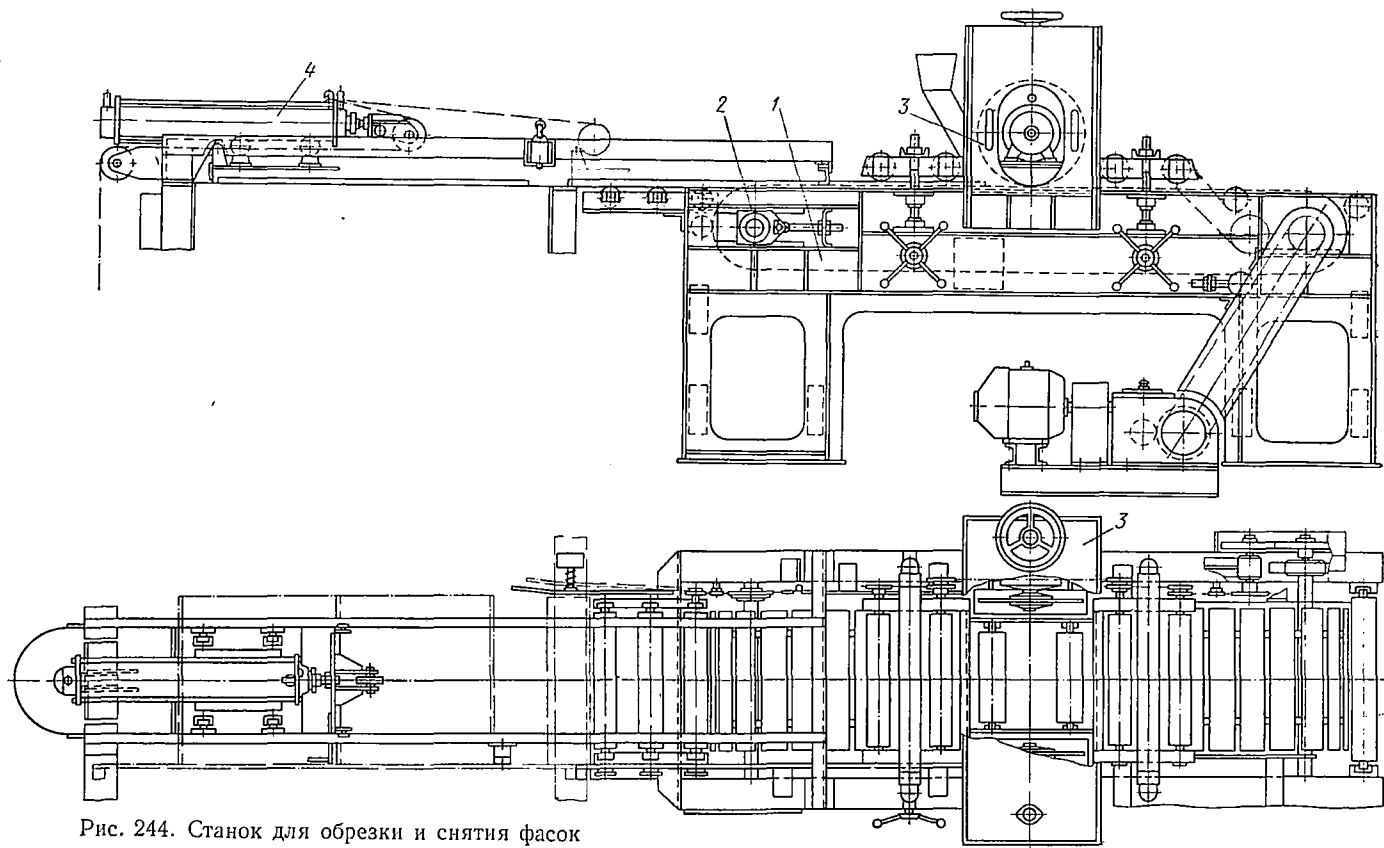


Рис. 244. Станок для обрезки и снятия фасок

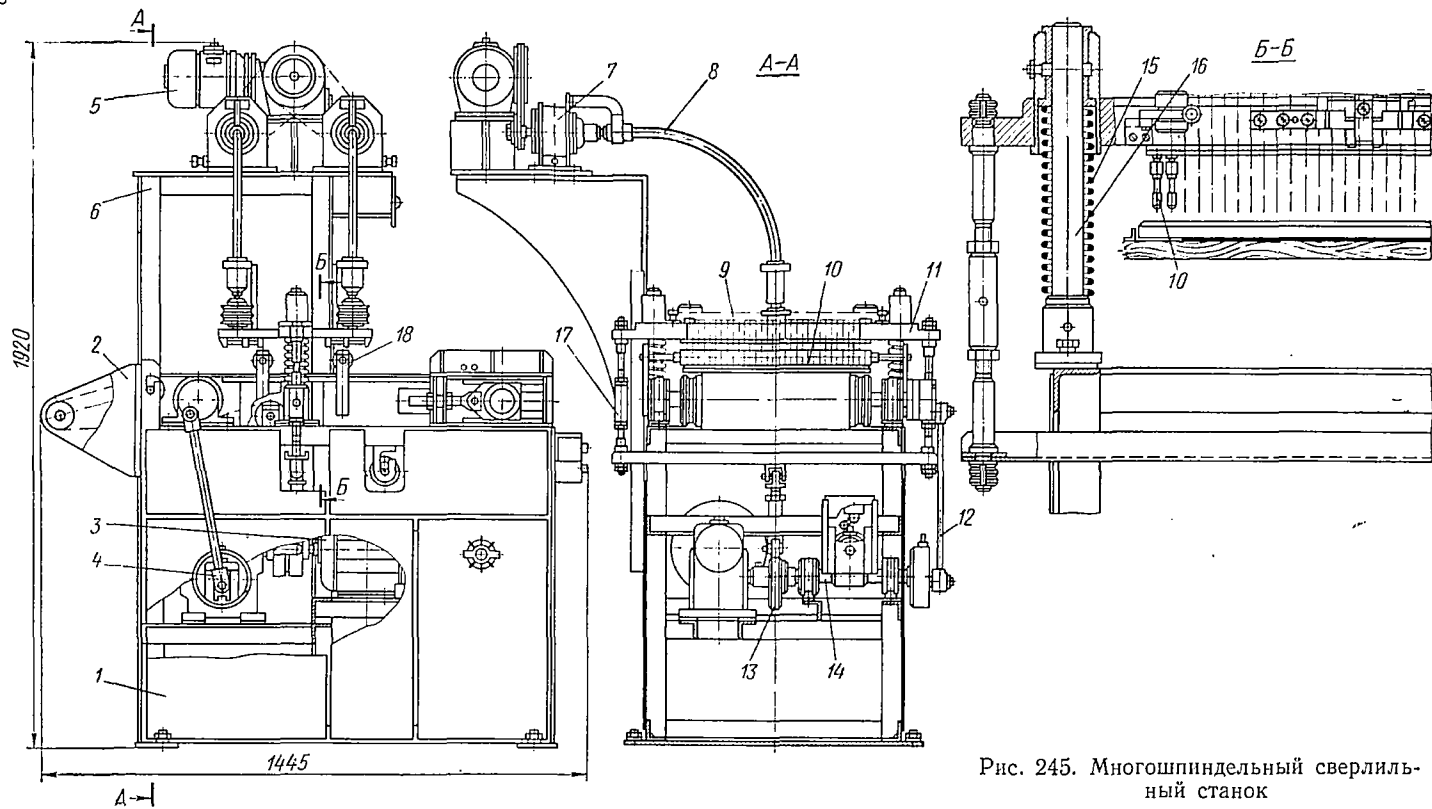


Рис. 245. Многошпиндельный сверильный станок

На металлической раме 1 сверлильного станка (рис. 245) монтируется ленточный транспортер 2 для подачи плиток и электрический привод 3 для шагового передвижения при помощи эксцентрикового механизма 4 и для опускания многошпиндельной головки со сверлами на заданную глубину. Электропривод 5, установленный на кронштейне станины 6, через редукторы 7, гибкие валы 8 и клиноременный привод 9 приводит во вращение два ряда сверл 10 многошпиндельной головки.

Многошпиндельная головка 11 синхронно опускается под действием тяги 12, эксцентрика 13 вала от привода 14 транспортера и поднимается после сверления под действием пружины 15 по направляющим колонкам 16. Для регулирования глубины сверления служат стяжные винты 17. От поднятия вверх после сверления акустические плиты удерживаются двумя роликами 18.

Глава VII. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТА И ВЕРМИКУЛИТА

Перлит — это горная порода в виде вулканического стекла с содержанием растворенной воды. Вермикулит является минералом из группы гидратизированных слюд. Перлит и вермикулит обладают способностью при высокой температуре (1273—1473°К) быстро вспучиваться и увеличивать свой объем в 10—15 раз.

Вспученный перлит и вермикулит в теплоизоляционных целях применяются в сыпучем виде и в виде плит, скорлуп и сегментов на различных связках.

§ 1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВСПУЧИВАНИЯ ПЕРЛИТА И ВЕРМИКУЛИТА

Сырая перлитовая и вермикулитовая порода измельчается в две стадии в щековой и молотковой дробилках 1 (рис. 246) до фракции размером от 0,5 до 10 мм с последующим рассевом на виброгрохоте 2. Затем дробленые зерна сырого перлита или вермикулита из бункеров 3 дозировочным шнеком 4 подаются в сушильный барабан 4, а оттуда на обжиг и вспучивание в шахтную 5 или вращающуюся печь при температуре 1273—1473°К. Вспученный перлит или вермикулит через циклоны 6 оседает в бункерах 7, а затем через дозаторы 8 подается на упаковку в мешки на упаковочной машине 9.

Сушильная установка (рис. 247) для предварительной тепловой обработки перлита и вермикулита состоит из загрузочной камеры 1, сушильного барабана 2 производительностью до 700 кг/ч, топки 3 и дутьевого вентилятора 4. Барабан устанавлива-

ется под углом до 5° и вращается от привода 5. Тепловая обработка материала в сушильном барабане производится при температуре $623\text{--}673^\circ\text{K}$ по принципу противотока, когда топочные газы идут

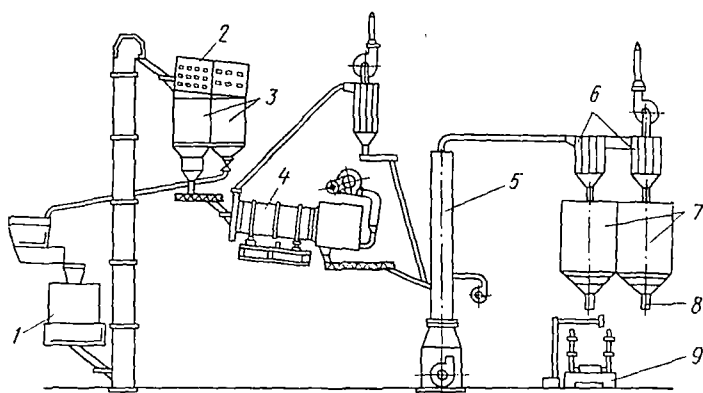


Рис. 246. Технологическая схема производства вспученного перлита и вермикулита

навстречу загружаемой породе. К внутренней стенке барабана по всей длине приварены металлические лопатки 6. При вращении барабана материал захватывается лопатками, поднимается вверх и, ссыпаясь вниз, постепенно нагревается и передвигается к выгрузочному концу.

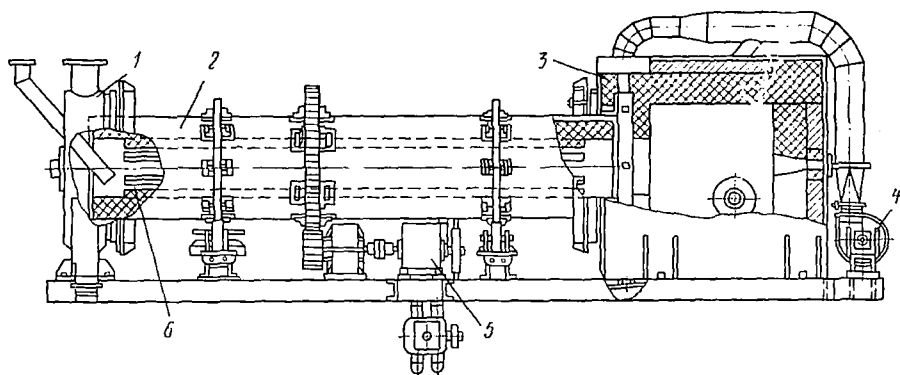


Рис. 247. Сушильная установка для предварительной тепловой обработки перлита и вермикулита

Перлит обычно вспучивается в шахтных печах (рис. 248) во взвешенном состоянии при температуре $1273\text{--}1473^\circ\text{K}$. Измельченный перлит шнеком-дозатором подается в печь через загрузочную точку 3, которая находится выше топки 4 в зоне наивысшей температуры топочных газов. Частицы перлита в потоке горячих газов вспучиваются в зонах 1 и 2 в течение нескольких секунд,

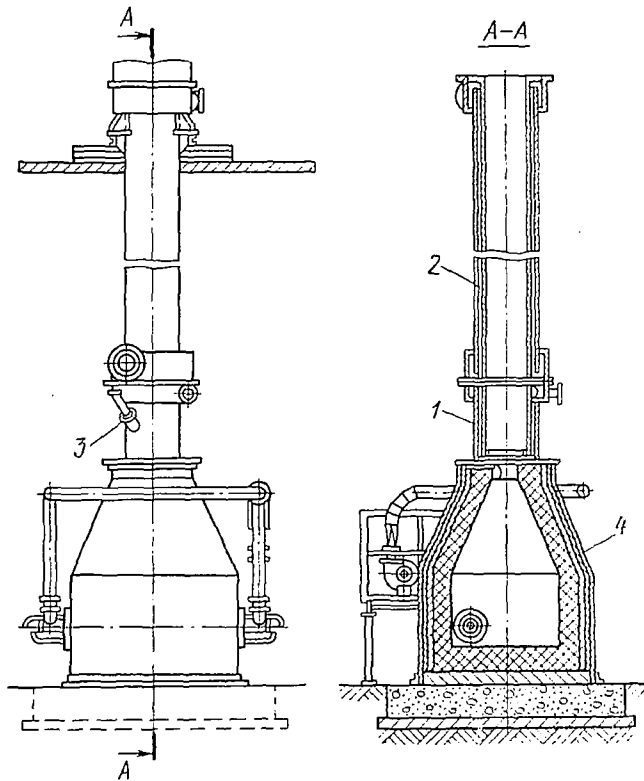


Рис. 248. Шахтная печь для вспучивания перлита

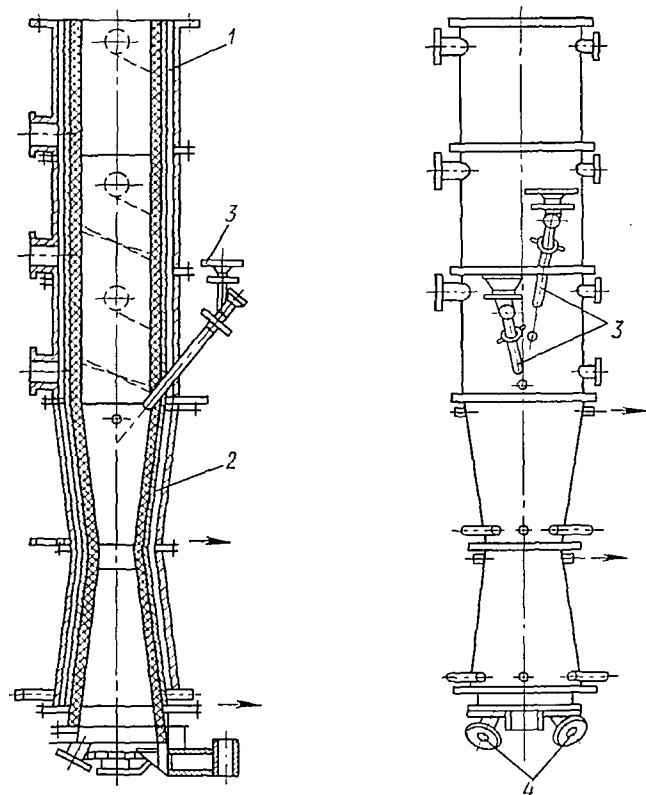


Рис. 249. Шахтная печь на газовом или жидком топливе для вспучивания перлита

увлекаются восходящим потоком горячих газов и направляются из печи в циклоны-классификаторы. Перед циклонами горячие газы со взвешенными в них частицами перлита разбавляются холодным воздухом и охлаждаются.

Шахтные печи для вспучивания перлита имеют внутренний диаметр от 4 до 6 м, высоту от 5 до 10 м и производительность до 400 кг/ч при объемной массе вспученного перлита 150 кг/м³.

Шахтная печь для вспучивания перлита на газовом или жидком топливе показана на рис. 249. Верхняя 1 часть печи имеет воздушное, а нижняя 2 — водяное охлаждение. Для загрузки материала на разной высоте печи устраиваются загрузочные воронки 3. Это дает возможность регулировать режим вспучивания. Патрубки для газовых и нефтяных горелок 4 помещены в нижнем устье печи.

Шахтная печь для вспучивания вермикулита (рис. 250) представляет собой металлическую трубу 1 с внутренней футеровкой из огнеупорного кирпича 2 и теплоизоляции 3.

Дробленый вермикулит загружается через загрузочную воронку 4. Под загрузочным отверстием установлен конус-рассекатель 5 из жароупорного чугуна для равномерного распределения сырья по поперечному сечению шахты печи. Форсунки жидкого топлива 6 или горелки газового топлива помещены в низу печи на уровне пода. Под 7 шахты наклонный с выходным отверстием, которое снабжено течкой 8 с затвором 9 для удаления вспученного вермикулита из печи.

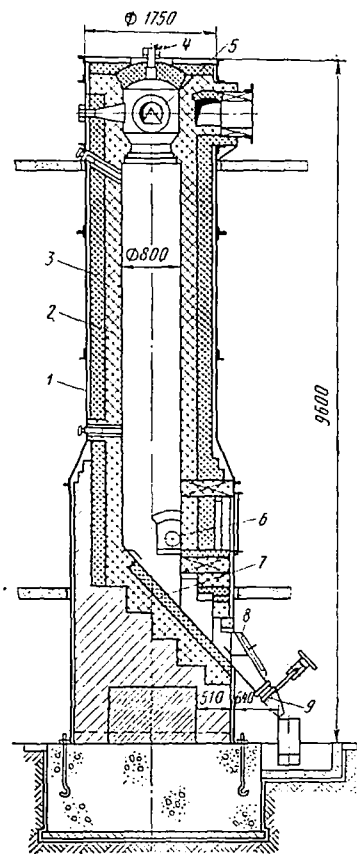


Рис. 250. Шахтная печь для вспучивания вермикулита

Внутренний диаметр печи 800 мм, высота шахты 6 м. Производительность печи 300 кг/ч. Температура в зоне обжига 1373—1473°К, температура отходящих газов 973°К, а вспученного вермикулита 773—1073°К.

Для получения вспученного перлитового щебня фракции 5—20 мм, а также для обжига вермикулита применяются прямоточные вращающиеся печи (рис. 251). Породе в них вспучивается в процессе перемещения ее по раскаленной футеровке печи, омываемой пламенем от сгорания жидкого или газообразного топ-

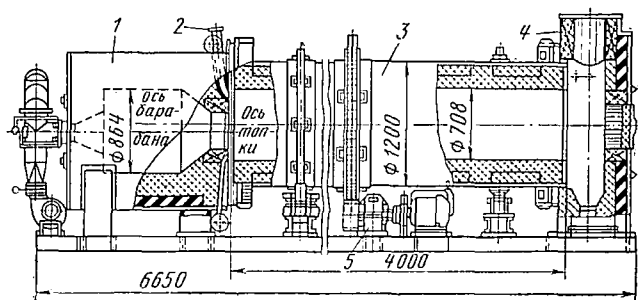


Рис. 251. Прямоточная вращающаяся печь для обжига перлита и вермикулита

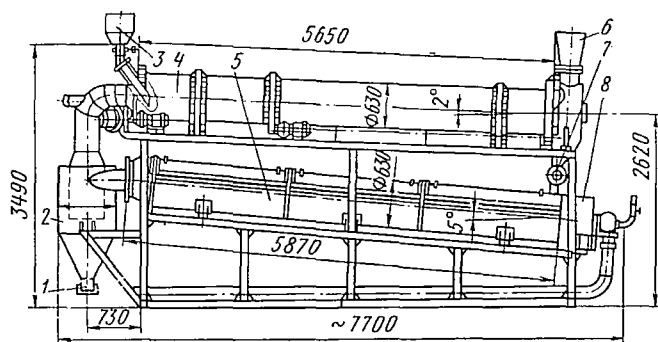


Рис. 252. Сдвоенная барабанная печь для сушки и обжига перлита и вермикулита

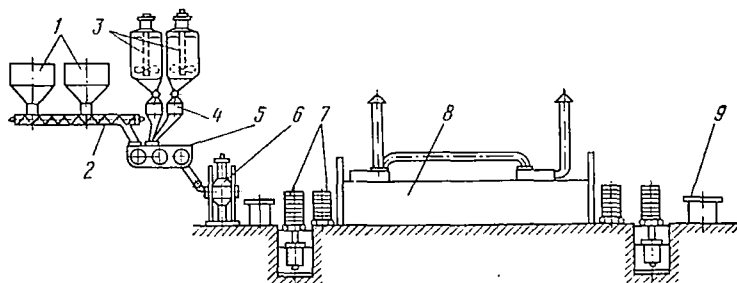


Рис. 253. Технологическая схема производства теплоизоляционных изделий из перлита и вермикулита

лива в топке печи 1. Сырой материал подается в печь через течку 2 в начале печи и постепенно перемещается внутри наклонного вращающегося барабана 3 печи в сторону разгрузочной камеры 4. Барабан печи приводится во вращение от привода 5.

Для одновременной сушки и вспучивания перлита или вермикулита в последнее время применяют сдвоенные вращающиеся печи барабанного типа (рис. 252). Печь состоит из двух барабанов: сушильного 4 и обжигательного 5. Дробленая порода подается через загрузочный бункер 3 и течку и подсушивается в сушильном барабане 4 за счет тепла отходящих газов из обжигательной печи. Из сушильного барабана порода пересыпается через течку 7, вспучивается в обжигательном барабане в потоке восходящих горячих газов из циклонной топки 8 при температуре 1273—1473°К, осаждается в циклоне 2 и удаляется через течку 1. Горячие газы отсасываются через дымоход 6 эксгаустером. Внутренний диаметр печи 630 мм, длина 5800 мм, угол наклона сушильного барабана 2—3°, а обжигательного 5°.

§ 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЕРЛИТА И ВЕРМИКУЛИТА

Теплоизоляционные изделия: плиты, скорлупы и сегменты на основе вспученного перлита изготавливаются на асбоцементном или керамическом (глиняном) связующем, а вермикулитовые изделия — на бетонито-крахмальном связующем.

Схема производства таких изделий показана на рис. 253. Вспученный перлит или вермикулит из бункеров 1 шнеками-дозаторами 2 и асбоцементное, глиняное или бетонито-крахмальное связующее из мешалок 3 через дозаторы 4 подаются в лопастную мешалку 5. Из мешалки формовочная масса подается в формы формовочного пресса 6, формуется в изделия, которые затем снимаются и укладываются на тоннельные вагонетки 7. Далее, в зависимости от технологического процесса, изделия или только сушатся в тоннельных сушилках 8, или еще дополнительно обжигаются в тоннельных печах, затем разгружаются и упаковываются на столах 9.

Формовочная масса обычно [приготавливается] в лопастных мешалках.

Изделия формуется и прессуются на формовочных прессах (рис. 254). Пресс представляет собой металлическую станину 1, между боковыми стойками которой передвигаются вверх-вниз два ползуна (верхний 2 и нижний 3). На столах укрепляются формы 4 и 5 изделий. После заполнения форм ползуны сближаются и изделия прессуются при помощи гидроцилиндров 6 и 7, укрепленных на станине пресса. Наибольший ход верхнего ползуна 600 мм, нижнего 400 мм. Перемещение ползунов пресса регулируется конечными выключателями 8 и 9.

Производительность прессы: для плит — 240 шт/ч и для скорлуп — 200—400 шт/ч.

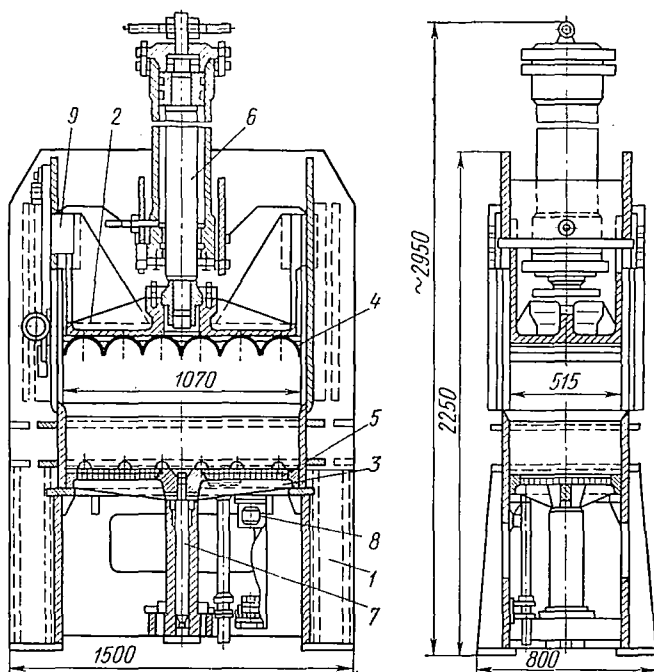


Рис. 254. Гидравлический пресс для прессования изделий из перлита и вермикулита

Для сушки и обжига изделий применяют тоннельные сушилки и печи, принятые в керамической промышленности и описываемые в курсе «Сушилки и печи».

Глава VIII. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

При внедрении на предприятиях по производству полимерных и теплоизоляционных материалов новых технологических процессов, агрегатов, машин, механизмов и приспособлений необходимо соблюдать требования специальных отраслевых инструкций и указаний по технике безопасности, утвержденных отраслевым Министерством по данной отрасли производства. На основании этих правил применительно к новым технологическим процессам и оборудованию разрабатываются и утверждаются главным инженером предприятия инструкции для каждого агрегата в отдельности.

Инструкции вывешиваются на видном месте около каждой машины.

По положению по технике безопасности все работающее оборудование должно быть в исправном состоянии. Работать на неисправном оборудовании, и без включенной вентиляции запрещено. Все оборудование электродвигатели, электроприборы и пусковые устройства должны быть заземлены.

Электроустройства разрешается ремонтировать только дежурным электромонтерам и при выключенном напряжении. При этом следует вывешивать плакат «Не включать — работают люди» и удалять плавкие предохранители.

Запрещается заправлять и очищать машины и оборудование в рабочем состоянии. Движущиеся и вращающиеся части машин и механизмов должны быть надежно ограждены. Не разрешается пускать в работу и работать на оборудовании со снятыми ограждениями. Камеры для термической обработки и другие тепловые агрегаты необходимо хорошо теплоизолировать, чтобы уменьшить тепловыделение в цех и предотвратить ожоги обслуживающего персонала. Пылящее и выделяющее газы оборудование должно быть хорошо герметизировано и приспособлено к вытяжной вентиляции.

К обслуживанию оборудования допускаются только лица, сдавшие соответствующие экзамены по технике безопасности, ознакомленные с правилами эксплуатации и прошедшие инструктаж по обслуживанию данной машины или установки.

§ 1. ПРИ РАБОТЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дозирующее и смесительное оборудование обязательно герметизировать и подключать к вытяжной вентиляции. Вытяжную вентиляцию выключать спустя 10—15 мин после всей технологической линии.

Пускать каландр и включать загрузочный транспортер разрешается только по звуковому сигналу каландровщика. Степень нагрева валков проверять только специальной термометрией. Чистить валки следует только деревянными скребками, имеющими рукоятку длиной не менее 1 м.

В случае попадания в зазор между валками посторонних предметов необходимо остановить каландр или вальцы и только после удаления этих предметов продолжать работу.

При намотке пленки на гильзу не допускать смещения гильзы от оси вальце-каландровой линии.

Не разрешается: регулировать температурный режим в пределах больших, чем это предусмотрено технологической инструкцией; приближать руки к зазору между валками каландра и вальцев; поправлять ленту полимерной пленки во время работы около обрезающего устройства.

Ножи для продольной и поперечной резки при автоматическом и дистанционном включении должны быть снабжены звуковой или световой сигнализацией, сблокированной с пусковым устройством ножа.

Монтировать, демонтировать и чистить шнеки и формующую головку экструдера должны не менее четырех человек.

Не разрешается вскрывать крышки мельниц и грануляторов во время их работы и пользоваться металлическими предметами при чистке смесителей и экструдеров.

При сварке полимерных материалов т. в. ч. исправность самой установки и сварного инструмента следует проверять перед началом каждой смены и отмечать в журнале.

Генератор ТВЧ и сварные электроды должны быть тщательно заземлены и экранированы. Каждую смену необходимо проверять исправность механических и электрических блокировок на двери генератора, пресса и экрана.

Производить сварку без защитных экранов под сварными устройствами запрещается. Категорически запрещается прикасаться голыми руками или металлическими предметами к рабочим электродам во время производства сварки, так как это может вызвать сильные ожоги рук.

Ток на рабочих местах вокруг установки должен быть покрыт защитными резиновыми ковриками. Воздушный фильтр генератора не менее одного раза в неделю следует разбирать и очищать.

Персонал, занятый на установке должен быть проинструктирован по технике безопасности при работе на установках ТВЧ. К работе на установках ТВЧ может быть допущен только квалифицированный персонал, имеющий по технике безопасности не ниже III группы, а к ремонту и наладке установки — не ниже IV группы.

§ 2. ПРИ РАБОТЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Конструкция вагранок должна иметь устройство для пылеочистки и дожигания отходящих колошниковых газов. Каждая вагранка, ванная или шахтная печь оборудуется двумя воздухоудувками, на случай выхода из строя одной из них. Падение давления воды в рубашке вагранки ниже установленного предела или прекращение ее подачи должно сопровождаться звуковым и световым сигналами. Температура отходящей из рубашки вагранки воды должна контролироваться приборами. Каждая вагранка должна иметь отдельную линию сброса охлаждающей воды, на которой запрещается устанавливать запорную арматуру. Розжиг вагранки допускается только при работающей системе охлаждения. Ремонт вагранок и других тепловых печей и камер допускается только после охлаждения их до температуры не выше 40°С

и в соответствии с «Правилами технической безопасности при строительстве и ремонте промышленных печей».

При работе печей и термокамер, работающих на природном газе, должны соблюдаться «Правила безопасности в газовом хозяйстве», а также «Правила технической эксплуатации и техники безопасности в газовом хозяйстве РСФСР».

Все камеры волокноосаждения и тепловой обработки должны работать под разрежением, иметь усиленный отсос паров фенолоспирта, а промежуточный конвейер должен быть укрыт кожухом с принудительной вентиляцией. Выбивание газов из камер в цех не допускается. Камеры волокноосаждения должны быть снабжены механизированными и вентилируемыми устройствами для очистки металлических транспортных сеток.

Разводить фенолоспирты разрешается только в закрытых емкостях и в отдельном помещении, имеющем усиленную приточно-вытяжную вентиляцию. При варке битума температура его не должна превышать 200°С, оборудование должно иметь вытяжные устройства для отвода газов и паров и световую или звуковую сигнализацию.

Узел волокнообразования минеральной ваты должен иметь ограждение, исключающее попадание брызг расплава на обслуживающий персонал. Все трубопроводы для подачи пара или сжатого воздуха должны быть выполнены в соответствии с правилами Госгортехнадзора СССР.

Предельно допустимая концентрация пыли минерального волокна на рабочих местах не должна превышать 3 мг/м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернхард Э. Переработка термопластических материалов. М., Госхимиздат, 1962, 747 с.
2. Быков А. С., Данцин М. И., Зохин Г. И. Строительные материалы и изделия на основе синтетического сырья. М., «Стройиздат», 1970, 215 с.
3. Вальщиков Н. М. Рубительные машины. Л. «Машиностроение», 1970, 327 с.
4. Воробьев В. А. Производство и применение пластмасс в строительстве. М., «Стройиздат», 1965, 235 с.
5. Гиберов З. Г., Журавлев М. И. Машины и оборудование заводов строительных материалов. Атлас конструкций. М., «Машиностроение», 1966, 154 с.
6. Гиберов З. Г. Механическое оборудование заводов пластических масс. М., «Машиностроение», 1967, 239 с.
7. Гиберов З. Г. и Гершкович Б. М. Непрерывное прессование строительных погонажных изделий из древесно-стружечной массы «Деревообрабатывающая промышленность», 1968, № 7, 13—14 с.
8. Гиберов З. Г., Журавлев М. И. Оборудование заводов пластических масс. Атлас конструкций. М., «Машиностроение», 1973, 109 с.
9. Горянинова А. В. Стеклопластики в машиностроении. М., Машгиз, 1961, 214 с.
10. Голубович С. Р. и Финк Л. Е. Новое оборудование для производства строительных материалов. М., Машгиз, 1963.
11. Горяинов К. Э. и Дубенецкий К. Н. Технология минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов. Стройиздат, 1966.
12. Грифф А. Технология экструзии пластмасс. М., «Мир», 1965, 307 с.
13. Грузнов Г. Ф. Машины для переработки пластических масс. Л., «Машиностроение», 1966, 225 с.
14. Гурвич С. Г. и др. Машины для переработки термопластических материалов. М., «Машиностроение», 1965, 326 с.
15. Данцин М. И. Линолеум. М., Госстройиздат, 1960, 238 с.
16. Завгородний В. К. Механизация и автоматизация переработки пластических масс. М., «Машиностроение», 1970, 595 с.
17. Завгородний В. К. Модернизация оборудования для изготовления изделий из пластмасс. М., Машгиз, 1963, 202 с.
18. Завгородний В. К., Калинин Э. Л., Марам Е. И. Литьевые машины для термопластов и реактопластов. М., «Машиностроение», 1968, 375 с.
19. Завгородний В. К., Калинин Э. Л., Махаринский Е. Г. Оборудование предприятий по переработке пластмасс. Л., «Химия», 1972, 463 с.
20. Козулин Н. А., Шапиро А. Я., Гавурина Р. К. Оборудование для производства и переработки пластических масс. Л., Госхимиздат, 1967, 782 с.
21. Кольман-Иванов Э. Э., Салазкин К. А. Таблеточные машины. М., «Машиностроение», 1966, 223 с.
22. Китайцев В. А. Технология теплоизоляционных материалов, изд. 2. Стройиздат, 1964, 404 с.
23. Козулин Н. А., Соколов В. Н., Шапиро А. Я. Примеры и задачи по курсу оборудования заводов химической промышленности. М., «Машиностроение», 1966, 488 с.

24. Корчаго И. Г., Завражнов А. М. Экструзионные древесностружечные плиты. М., «Лесная промышленность», 1972, 136 с.
25. Лукач Ю. Е., Рябинин Д. Д., Метлов Б. Н. Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей. М., «Машиностроение», 1967, 293 с.
26. Отливанчик А. Н. Производство и применение древесно-стружечных плит. М., Госстройиздат, 1962, 310 с.
27. Павшинский В. Ф. Машины для размсла волокнистой массы. М., «Лесная промышленность», 1972, 159 с.
28. Рябинин Д. Д., Лукач Ю. Е. Смесители для переработки пластических масс и резиновых смесей. М., «Машиностроение», 1972.
29. Рябинин Д. Д., Лукач Ю. Е. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей. М., «Машиностроение», 1965, 362 с.
30. Сапожников М. Я. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. М., Машгиз, 1962, 520 с.
31. Стеклопластики. Сб. под редакцией Ф. Моргана. М., Изд-во иностр. лит., 480 с.
32. Стрельцов К. Н. Пневматическая переработка термопластов. М., Госхимиздат, 1963, 174 с.
33. Сухарев М. Ф. Производство теплоизоляционных материалов и изделий. «Высшая школа», 1969, 303 с.
34. Справочник по оборудованию для производства строительных материалов. Под ред. В. А. Баумана, М. Машиностроение, 1959, 594 с.
35. Торнер Р. Ф. Основные процессы переработки полимеров (теория и методы расчета). М., «Химия», 1972, 452 с.
36. Фишер Э. Экструзия пластических масс. М., «Химия», 1970, 283 с.
37. Цыплаков О. Г. Основы формования стеклопластиковых оболочек. Л., «Машиностроение», 1968, 172 с.
38. Чернобыльский И. И. и др. Машины и аппараты химических производств. М., Машгиз, 1962, 521 с.
39. Шварцман Г. М. Производство древесностружечных плит. М., Гослесобумиздат, 1961, 173 с.
40. Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс. М., Госхимиздат, 1962, 466 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Раздел первый	
Механическое оборудование для производства полимерных изделий	5
<i>Глава I.</i> Машины для смешения и пластикации	5
§ 1. Смесители для жидких материалов	5
§ 2. Смесители для сыпучих материалов	10
§ 3. Смесители для пластических (вязких) материалов	16
<i>Глава II.</i> Оборудование для таблетирования пластических масс	41
§ 1. Общие сведения	41
§ 2. Механические таблеточные машины	42
§ 3. Гидравлические таблеточные машины	47
§ 4. Расчет таблеточных машин	53
<i>Глава III.</i> Аппараты для предварительного подогрева материалов	63
§ 1. Термостаты	64
§ 2. Установки токов высокой частоты	65
§ 3. Индукционные контактные нагреватели	70
§ 4. Устройства для подсушки и подогрева термопластичных материалов	71
<i>Глава IV.</i> Гидравлические прессы	72
§ 1. Общие сведения	72
§ 2. Конструкции гидравлических прессов	73
§ 3. Привод гидравлических прессов	77
§ 4. Управление гидравлическими прессами	87
§ 5. Этажные прессы	91
§ 6. Автоматические прессы и линии	96
§ 7. Прессы для трансферного прессования	105
§ 8. Расчет гидравлических прессов	107
<i>Глава V.</i> Оборудование для грануляции	110
§ 1. Общие сведения	110
§ 2. Грануляторы для резки прутков и листового материала	111
§ 3. Грануляторы для переработки отходов	121
§ 4. Расчет грануляторов	128
<i>Глава VI.</i> Оборудование для изготовления изделий методом литья под давлением	130
§ 1. Общие сведения	130
§ 2. Литьевые машины для переработки термопластов	131
§ 3. Литьевые машины для переработки реактопластов	140
§ 4. Вертикальные литьевые машины	147
§ 5. Многопозиционные литьевые машины	151
§ 6. Литьевые машины отечественного производства	153
§ 7. Расчет литьевых машин	160

<i>Глава VII.</i>	Оборудование для изготовления изделий методом непрерывного выдавливания (экструдеры)	166
§ 1.	Общие сведения	166
§ 2.	Одночервячные прессы	168
§ 3.	Многочервячные прессы	173
§ 4.	Вертикальные и комбинированные червячные прессы	176
§ 5.	Оформляющие головки	178
§ 6.	Установки для производства труб и профильных изделий	183
§ 7.	Установки для производства пленок	189
§ 8.	Установки для производства листов	202
§ 9.	Установка для наложения термопластичных покрытий	208
§ 10.	Машины для формования пустотелых изделий	209
§ 11.	Прессы непрерывного выдавливания с дисковыми червяками и бесчервячные	215
§ 12.	Расчет червячных прессов	220
<i>Глава VIII.</i>	Оборудование для изготовления изделий методом вакуумного, пневматического и механического формования	229
§ 1.	Общие сведения	229
§ 2.	Вакуум-формовочные машины	230
§ 3.	Пневмоформовочные машины	236
§ 4.	Машины для механического формования	236
<i>Глава IX.</i>	Оборудование для каландрирования	238
§ 1.	Общие сведения	238
§ 2.	Конструкция каландров	239
§ 3.	Расчет каландров	247
<i>Глава X.</i>	Оборудование для пропитки и промазки	252
§ 1.	Пропиточные машины	252
§ 2.	Промазочные машины	258
<i>Глава XI.</i>	Оборудование для производства синтетических ворсовых материалов для полов	263
<i>Глава XII.</i>	Оборудование для изготовления изделий из стеклопластиков	267
§ 1.	Общие сведения	267
§ 2.	Оборудование для формования методом напыления	270
§ 3.	Оборудование для изготовления изделий методом непрерывного формования	272
§ 4.	Оборудование для изготовления труб из стеклопластиков	277
<i>Глава XIII.</i>	Оборудование для производства изделий из древопластиков	287
§ 1.	Общие сведения	287
§ 2.	Машины для измельчения древесины	287
§ 3.	Оборудование для производства древесностружечных плит	295
§ 4.	Оборудование для производства древесноволокнистых плит	303
<i>Глава XIV.</i>	Оборудование для производства газонаполненных пластмасс	306
§ 1.	Общие сведения	306
§ 2.	Установки для формования	307

Раздел второй

Механическое оборудование для изготовления теплоизоляционных изделий

<i>Глава I.</i>	Специальное оборудование для производства минеральной и стеклянной ваты	317
§ 1.	Общие сведения	317
§ 2.	Подготовка сырья	317

§ 3.	Производство сырой минеральной ваты	318
§ 4.	Производство гранулированной ваты	319
§ 5.	Производство минерального войлока на битумной связке	319
§ 6.	Вагранка	320
§ 7.	Ванная регенеративная печь для получения минерального расплава	326
<i>Глава II.</i>	<i>Оборудование для раздува расплава, волокнообразования и волокноосаждения при производстве минеральной ваты</i>	329
§ 1.	Общие сведения	329
§ 2.	Оборудование, применяемое при дутьевом способе	330
§ 3.	Центробежный и центробежно-валковый способы волокнообразования	331
§ 4.	Многовалковая центрифуга для получения минеральной ваты	332
§ 5.	Центробежно-дутьевой способ	334
§ 6.	Камера волокноосаждения обычного типа	336
§ 7.	Камера волокноосаждения барабанного типа	339
<i>Глава III.</i>	<i>Оборудование для производства минераловатных изделий</i>	342
§ 1.	Общие сведения	342
§ 2.	Технологическая линия для производства минераловатных матов и плит	346
§ 3.	Устройство для обкладки и рулонирования с ножами продольной и поперечной резки	349
§ 4.	Конвейерная камера для полимеризации и термообработки минераловатного ковра и полужестких матов на синтетической связке	351
§ 5.	Формовочная установка для производства жестких минераловатных плит на битумной связке	357
§ 6.	Автоматизированная установка для загрузки сушильных вагонеток	363
<i>Глава IV.</i>	<i>Оборудование для производства армированных и прошивных матов</i>	371
§ 1.	Агрегат для производства матов, армированных металлической сеткой	371
§ 2.	Обкладочный агрегат	373
§ 3.	Агрегат для производства прошивных матов	376
<i>Глава V.</i>	<i>Автоматическая поточная линия для производства навивных минераловатных цилиндров</i>	377
§ 1.	Серийное оборудование	380
§ 2.	Автоматический станок для навивки минераловатных цилиндров	381
§ 3.	Станок для прокатки и калибрования минераловатных цилиндров	384
§ 4.	Станок для выемки и чистки скалок	385
<i>Глава VI.</i>	<i>Оборудование для производства звукоизоляционных акустических плиток</i>	389
§ 1.	Поточная линия	390
§ 2.	Гранулятор	392
§ 3.	Формовочная машина	393
§ 4.	Фактурный станок	395
§ 5.	Станки для обработки фасок и сверления	396
		413

<i>Глава VII.</i> Оборудование для производства теплоизоляционных изделий на основе вспученного перлита и вермикулита	399
§ 1. Оборудование для вспучивания перлита и вермикулита	399
§ 2. Оборудование для производства теплоизоляционных изделий из перлита и вермикулита	404
<i>Глава VIII.</i> Основные положения техники безопасности	405
§ 1. При работе оборудования для производства полимерных материалов	406
§ 2. При работе оборудования для производства теплоизоляционных материалов	407
Список литературы	409

ЗИНОВИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ ГИБЕРОВ,
ЕВГЕНИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ВЕРНЕР

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛИМЕРНЫХ
И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Редактор издательства *Иванова Н. А.*
Технический редактор *Л. А. Макарова*
Корректор *И. М. Борейша*
Художник *А. Я. Михайлова*

Сдано в наб. 15/V 1973 г. Подп. к печ. 13/IX 1973 г.
Т-14092. Формат 60×90^{1/8}. Бумага № 2
Печ. л. 26,0. Уч.-изд. л. 26,5. Тираж 4000 экз.
Зак. № 294. Цена 1 р. 16 к.

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ»,
107885, Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., 3

Ленинградская типография № 6
Союзполиграфпрома при Государственном
комитете Совета Министров СССР по делам
издательств, полиграфии и книжной торговли
193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10

НОВЫЕ КНИГИ

по

химическому и нефтяному машиностроению

выпустит издательство «Машиностроение» в 1974 году

АРХАРОВ А. М., БУТКЕВИЧ К. С., БУТКЕВИЧ И. К. Криогенные поршневые детандеры. 17 л. 1 р. 10 к.

БАРЕНБОЙМ А. Б. Малорасходные фреоновые турбокомпрессоры. 16 л. 1 р. 10 к.

ГИДОН Л. М. Монтаж поршневых компрессоров. Изд. 2-е, перераб. и доп. 12 л. 65 к.

ГОЛОВОЧЕВСКИЙ Ю. А. Оросители и форсунки скрубберов химической промышленности. Изд. 2-е, перераб. и доп. 12 л. 80 к.

ГОЛОВКО Г. А. Установки для производства инертных газов. 20 л. 1 р. 20 к.

ГОЛУБЕВ А. И. Торцовые уплотнения вращающихся валов. Изд. 2-е, перераб. и доп. 14 л. 90 к.

ЕЛИСЕЕВ Б. М. Расчеты деталей центробежных насосов. Справочное пособие. 12 л. 80 к.

ЕПИФАНОВА В. И. Низкотемпературные радиальные турбодетандеры. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. 27 л. 1 р. 20 к.

ИВАНОВ Г. М., ОНИЩЕНКО Г. Б. Автоматизированный электропривод в химической промышленности. 25 л. 1 р. 60 к.

КАЗАКЕВИЧ В. В. Автоколебания (помпаж) в компрессорах. Изд. 2-е, перераб. и доп. 16 л. 1 р. 55 к.

КУЛАКОВ М. В. Технологические измерения и приборы для химических производств. Учебник для вузов по специальности «Технологические измерения и приборы». Изд. 2-е, перераб. и доп. 32 л. 1 р. 40 к.

КАРЕЛИН В. Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. Изд. 2-е, перераб. и доп. 20 л. 1 р. 30 к.

ЛУКЬЯНОВ П. И. Аппараты с движущимся зернистым слоем. Теория и расчет. 13 л. 1 р. 45 к.

Машины и аппараты химических производств. Под ред. И. И. Чернобыльского. Изд. 3-е, перераб. и доп. 32 л. 2 р. 20 к. Авт.: И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский и др.

Прогрессивная технология сборки нефтепромысловых машин и оборудования. 10 л. 55 к. Авт.: С. Г. Султанов, М. Е. Листенгартен, А. Я. Райхель, В. В. Страхов.

ПРОШКОВ А. Ф. Машины для производства химических волокон. Конструкция, расчет, проектирование. Учебное пособие для вузов по специальности «Машины и аппараты производств химических волокон». 30 л. 1 р. 30 к.

УЙК Г. Қ. Тензометрия аппаратов высокого давления. 12 л. 70 к.

ШУМСКИЙ К. П. Вакуумные аппараты и приборы химического машиностроения. Изд. 2-е, перераб. и доп. 45 л. 2 р. 75 к.

Книги издательства «Машиностроение» продаются во всех книжных магазинах, распространяющих техническую литературу.

*Желаем полезных встреч
с книгами издательства „Машиностроение“!*

114

11532



REPRODUCED
BY THE NATIONAL ARCHIVES