

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

М. Ю. Сарилов, П. Е. Коблуков

ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Утверждено в качестве учебного пособия

Ученым советом Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Комсомольск-на-Амуре
2015

УДК 66.02
ББК 35.514-5я7
С201

Рецензенты:

В. М. Козин, доктор технических наук, профессор,
зав. лабораторией механики деформирования
ФГБУН «Институт машиноведения и металлургии
Дальневосточного отделения Российской академии наук»;
кафедра теории и методики технологического образования ФГБОУ ВПО
«Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет»,
зав. кафедрой кандидат технических наук, доцент **В. Ф. Иваненко**

Сарилов, М. Ю.

С201 Оборудование нефтехимического производства : учеб. пособие /
М. Ю. Сарилов, П. Е. Коблуков. – Комсомольск-на-Амуре :
ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. – 77 с.

ISBN 978-5-7765-1225-4

В учебном пособии представлены основные сведения о машинах для измельчения, оборудовании для фильтрования, смесителях, применяемых в нефтегазоперерабатывающей промышленности. В отдельные разделы выделены сведения по валковым машинам, шнековым машинам, сепараторам, а также сушилкам и таблеточным машинам.

Методические указания предназначены для студентов направления 241000.62 – «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль «Машины и аппараты химических производств», направления 151000.62 – «Технологические машины и оборудование», профиль «Оборудование нефтегазопереработки» всех форм обучения.

УДК 66.02
ББК 35.514-5я7

ISBN 978-5-7765-1225-4

© ФГБОУ ВПО «Комсомольский-
на-Амуре государственный
технический университет»,
2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	6
1.1. Щековые дробилки.....	9
1.2. Конусные дробилки	10
1.3. Валковые дробилки	11
1.4. Молотковые и роторные дробилки	13
1.5. Барабанные мельницы	15
1.6. Среднеходные мельницы	17
1.7. Мельницы ударного действия	19
1.8. Приводы роторов	21
2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФИЛЬТРОВАНИЯ	22
2.1. Ленточные вакуум-фильтры	22
2.2. Вертикальные рамные фильтр-прессы	23
3. ЦЕНТРИФУГИ	25
3.1. Общие сведения. Классификация	25
3.2. Карусельные роторы	26
3.3. Вертикальные подвесные роторы	27
3.4. Горизонтальные роторы с ножевыми устройствами выгрузки осадка	28
4. СМЕСИТЕЛИ	29
4.1. Барабанные смесители	30
4.2. Центробежные смесители	31
4.3. Двухроторные смесители	34
4.4. Роторы со шпорообразными лопастями	38
4.5. Приводы смесителей	43
5. ВАЛКОВЫЕ МАШИНЫ	46
5.1. Общие сведения. Классификация	46
5.2. Привод вальцов и каландров	51
6. ШНЕКОВЫЕ МАШИНЫ (ЭКСТРУДЕРЫ)	55
6.1. Конструкция и принцип работы одношнековых экструдеров	55
6.2. Способы соединения шнеков с приводными валами	56
6.3. Конструкция и принцип работы двухшнековых экструдеров.....	59
7. СЕПАРАТОРЫ	61
8. СУШИЛКИ	66
8.1. Сушилki для контактной сушки	66
8.2. Конвективные (воздушные) сушилki	68
9. ТАБЛЕТОЧНЫЕ МАШИНЫ	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	77

ВВЕДЕНИЕ

Все оборудование химической технологии в зависимости от закономерностей протекания процесса условно подразделяют на пять групп.

К *первой группе* относится оборудование для проведения механических процессов: измельчения, транспортирования, сортировки и смешения твердых материалов. Процессы этой группы проводят в специально сконструированных машинах и аппаратах (например, измельчителях, классификаторах, дозаторах и др.).

Вторая группа – оборудование для гидромеханических процессов, интенсивность которых определяется законами гидродинамики – законами о движении жидкостей и газов. К этой группе оборудования относятся трубопроводы для перемещения жидкостей и газов, осадительные камеры, циклоны и гидроциклоны и др.

Третья группа – оборудование для тепловых процессов, скорость протекания которых зависит от скорости теплопередачи. В данную группу входят холодильники, подогреватели, испарители, выпарные установки, холодильные агрегаты, печи и др.

Четвертая группа включает в себя оборудование для массообменных процессов, скорость которых зависит от скорости массопередачи. Это абсорберы, адсорберы, колонны для перегонки, ректификации, экстракции, кристаллизации, аппараты для сушки и др.

Пятая группа – химические реакторы, в которых происходит химическая реакция – превращение веществ с изменением их химических свойств. Конструкции реакторов разнообразны: реакторы с мешалками, с неподвижным или псевдооживленным слоем катализатора и др.

В данном учебном пособии рассматриваются машины для измельчения твердых материалов, центрифуги, смесители, экструдеры, сепараторы, сушилки и др.

Процессы измельчения материалов широко применяются в химической промышленности. Темпы развития химической и других смежных отраслей промышленности требуют совершенствования конструкций оборудования для измельчения, повышения его надежности и работоспособности.

При изучении машин для измельчения материалов следует уяснить необходимость применения в химической промышленности большого разнообразия типов и размеров дробильно-размольных машин, реализующих

различные способы измельчения материалов. Необходимо научиться решать задачу выбора способа измельчения твердых материалов и типа дробильно-размольного оборудования, а также уметь обосновывать применение соответствующих конструкций.

Выбор рациональной конструкции машины для измельчения материалов базируется на анализе свойств материала как объекта измельчения с учетом размеров измельченного материала и различных требований к крупности готового продукта. К основным физико-механическим свойствам исходного материала относятся прочность, хрупкость, абразивность. Необходимо обратить внимание на основные свойства и назначение дробилок и мельниц; кроме того, следует усвоить специфические особенности различных схем организации процесса измельчения, а также многостадийного измельчения; объяснить целесообразность применения предварительной и промежуточной сортировки материалов при их измельчении.

С целью обеспечения эффективности измельчение материала от исходной до конечной крупности осуществляется, как правило, в несколько приемов, последовательным переходом от крупного дробления к более мелкому и к помолу с постадийным разделением материала по классам. Следовательно, процесс измельчения целесообразно осуществлять последовательно на нескольких измельчителях. Каждый отдельный измельчитель выполняет часть общего процесса, называемую стадией измельчения.

В то же время следует отметить, что увеличение стадий дробления приводит к повышению капитальных затрат на строительство заводов, переизмельчению материала и к удорожанию эксплуатации завода. Поэтому выбор схемы измельчения следует осуществлять из условия обеспечения минимального числа стадий дробления. Однако в ряде случаев только применение многостадийных схем (четырёх- и пятистадийных) обеспечивает получение готового продукта в необходимом объеме и высокого качества.

Энергозатраты, нагрузки на элементы измельчителей и качество продукта зависят от прочности, хрупкости, твердости, упругости, абразивности и плотности твердых материалов.

1. МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

В зависимости от назначения и принципа действия в машинах для измельчения могут использоваться различные виды нагрузок: раздавливание (сжатие куска), излом (изгиб), раскалывание (эквивалентно растяжению), истирание и удар (рис. 1.1).

Как правило, перечисленные виды силовых нагрузок в процессе измельчения действуют одновременно, например, раздавливание и истирание, удар и истирание и др. Необходимость в различных видах нагрузок, а также в различных по принципу действия конструкциях и размерах машин вызвана многообразием свойств и размеров измельчаемых материалов и различными требованиями к крупности исходного материала и готового продукта. Однако при работе измельчителей в зависимости от их конструкций преобладает тот или иной способ измельчения. Имеются практические рекомендации по использованию соответствующих видов нагрузок в зависимости от типа измельчаемого материала. Так, дробление прочных и хрупких материалов целесообразно осуществлять раздавливанием и изломом, а прочных и вязких – раздавливанием и истиранием. Крупное дробление мягких и хрупких материалов предпочтительно выполнять раскалыванием, среднее и мелкое – ударом.

В промышленности дробление материалов проводят, как правило, сухим способом. Реже применяют мокрое дробление, когда в загрузочные устройства машин разбрызгивают воду для уменьшения пылеобразования. Помол твердых материалов осуществляют ударом и истиранием.

Так же как и дробление, помол может быть сухим и мокрым. По сравнению с сухим, мокрый помол экологически более совершенен и более производителен. Однако мокрый помол может применяться только тогда, когда допускается контакт измельчаемого материала с водой.

Машины для измельчения делят на дробилки и мельницы.

По способу воздействия на измельчаемый материал различают дробилки, разрушающие материал сжатием (щековые, конусные и валковые дробилки) и ударом (роторные и молотковые дробилки).

В *щековых дробилках* измельчение материала происходит, в основном, раздавливанием в камере между щеками при периодическом их сближении.

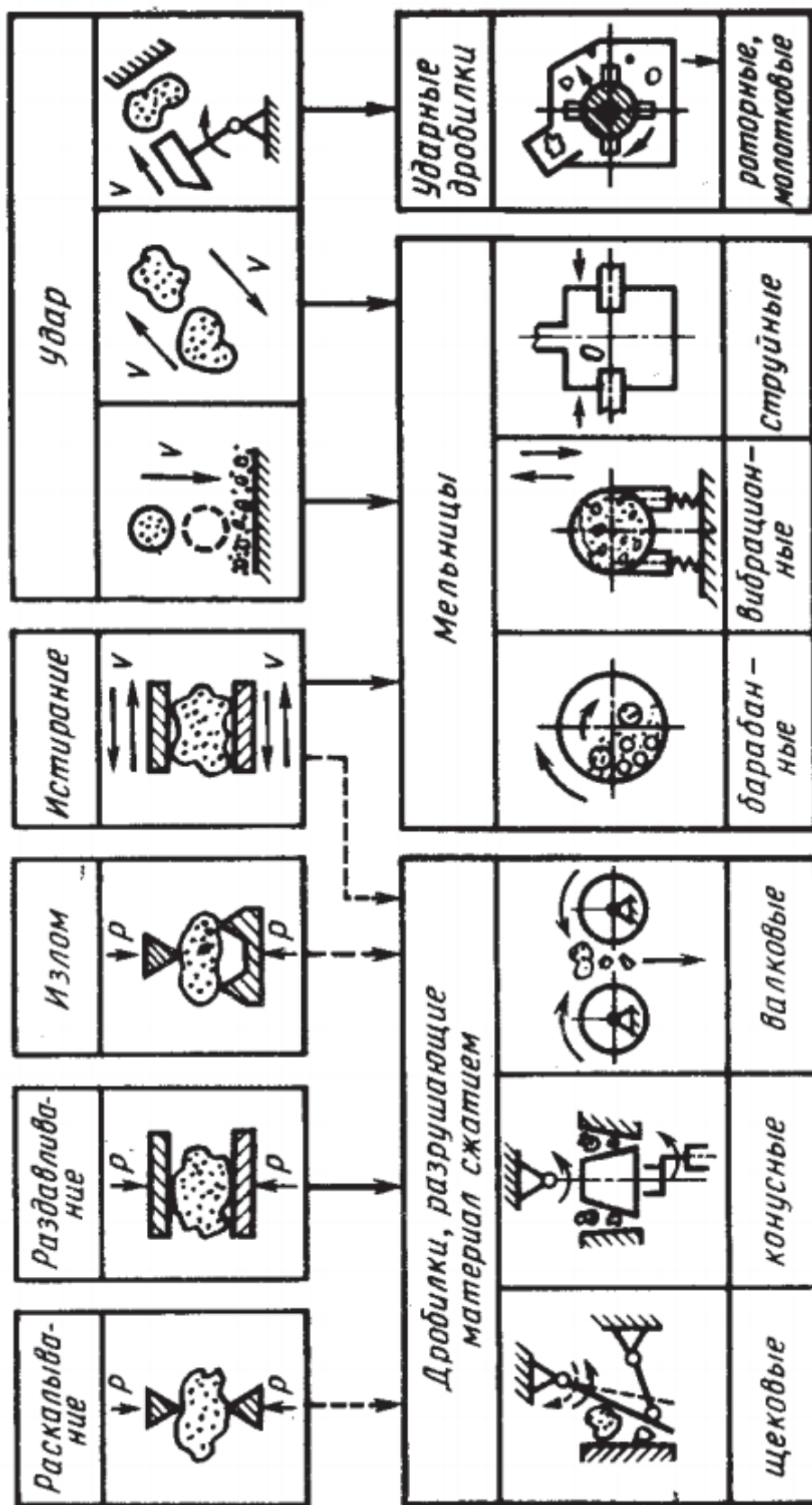


Рис. 1.1.1. Способы механического разрушения материалов, реализуемые в дробилках и мельницах: - - - - - преобладающие; - - - - - сопутствующие

При отходе подвижной щеки от неподвижной измельченный материал выпадает из дробилки. Одновременно при сжатии кусков имеет место их относительное перемещение, вследствие чего куски истираются. При рифленых рабочих поверхностях щек измельчение кусков материала может сопровождаться также раскалыванием и изломом.

В **конусных дробилках** разрушение материала происходит раздавливанием, изломом и истиранием при обкатывании подвижного конуса внутри неподвижного. При этом происходит периодическое сближение и отход от рабочих поверхностей конусов, в принципе, как в щековых дробилках.

В **валковых дробилках** материал измельчается в сужающемся пространстве между вращающимися навстречу друг другу валками путем раздавливания. При использовании рифленых и зубчатых валков материал измельчается также раскалыванием и изломом.

В **роторных и молотковых дробилках** ударного действия измельчение материала происходит за счет удара по кускам вращающихся бил или молотков, а также соударения отброшенных кусков с отражательными элементами машин.

Мельницы делят на барабанные (тихоходные), роликовые, маятниковые, кольцевые (среднеходные), молотковые, вертикальные, шахтные (ударные), вибрационные и струйные.

В **шаровых барабанных мельницах** материал измельчается во вращающемся барабане путем удара мелющих тел, падающих с некоторой высоты. Кроме того, при относительном движении мелющих тел и частиц материала происходит истирание последних.

В **вибрационных мельницах** измельчение материала осуществляется в барабане, заполненном мелющими телами, ударом и истиранием при высокочастотных колебаниях корпуса.

В **струйных мельницах** измельчение материала происходит истиранием при соударении частиц между собой и со стенками рабочей камеры при хаотическом движении частиц в газовом потоке высокой турбулентности.

Пальцевые измельчители и бегуны занимают промежуточное положение между дробилками и мельницами, так как их можно применять и для мелкого дробления, и для крупного помола.

1.1. Щековые дробилки

Щековые дробилки применяют для крупного и среднего дробления различных материалов во многих отраслях народного хозяйства.

Они способны разрушать нерудные материалы практически всех разновидностей. Главным параметром щековых дробилок является размер (ширина и длина) приемного отверстия камеры дробления, образуемой подвижной и неподвижной щеками.

Отечественная промышленность выпускает дробилки со следующими размерами приемного отверстия: $B \times L$ (мм): 160×250, 250×400, 250×900, 400×900, 600×900, 900×1200, 1200×1500, 1500×2100, 2100×2500.

Классификацию щековых дробилок осуществляют по характеру движения основного рабочего органа (подвижной щеки), так как именно это определяет важнейшие технико-эксплуатационные параметры дробилок. По принципиальным кинематическим схемам различают дробилки с простым и сложным движением щеки.

В дробилках с простым движением щеки (ЩДП) движение от кривошипа к подвижной щеке передается кинематической цепью. При этом траектории движения подвижной щеки представляют собой или прямые линии, или части дуги окружности.

В дробилках с простым движением щеки 1 (рис. 1.2) последняя подвешена на оси 2. Щека совершает качательные движения по дуге окружности, которые ей сообщает вращающийся эксцентриковый вал 3, через шатун 4 и распорные плиты 5.

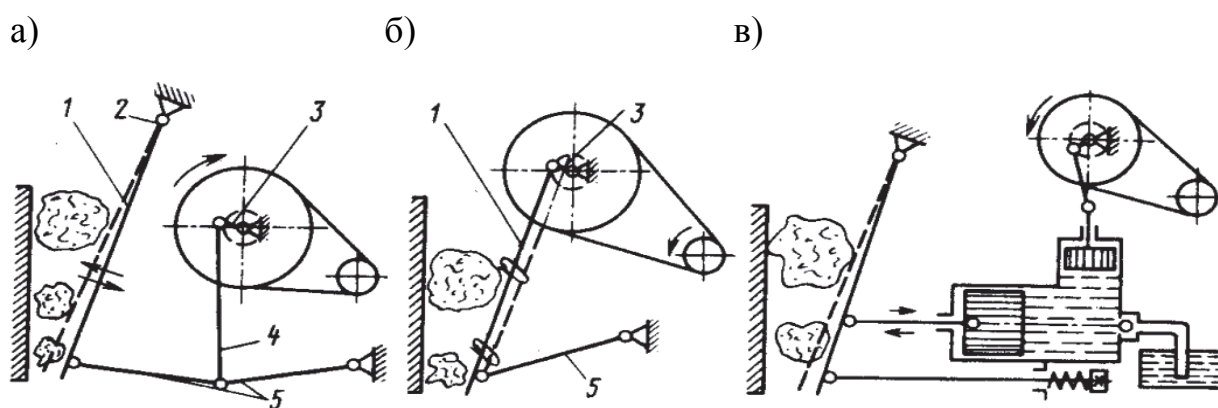


Рис. 1.2. Щековая дробилка

В дробилках со сложным движением щеки кривошип и подвижная щека образуют кинематическую пару. В этом случае траектории движения точек подвижной щеки представляют собой замкнутые кривые, чаще всего эллипсы.

1.2. Конусные дробилки

Конусные дробилки используют во всех стадиях дробления при переработке самых разнообразных материалов как по крупности дробимого материала, так и по разнообразию физико-механических свойств. В этих машинах материал разрушается в камере, образованной наружным неподвижным и внутренним подвижным усеченными конусами. По технологическому назначению их делят на дробилки: крупного дробления (ККД), обеспечивающие степень измельчения $i = 5...8$; среднего (КСД) и мелкого (КМД) дробления (степень измельчения i до 20...50). В химической промышленности, в основном, используют дробилки КСД и КМД.

Главным параметром дробилок ККД является ширина приемного отверстия – расстояние между образующими боковых поверхностей конусов в зоне загрузки. Отечественной промышленностью выпускаются дробилки типа ККД с шириной приемного отверстия 500, 900, 1200 и 1500 мм. Основным параметром дробилок типов КСД и КМД является диаметр нижнего основания подвижного конуса, который может быть равен 600, 900, 1200, 1750 и 2200 мм.

По конструктивному признаку – способу опирания вала дробящего конуса – различают дробилки с подвешенным валом, опорным пестом и с консольным валом (рис. 1.3). Последнюю конструкцию используют в машинах КСД и КМД.

В дробилках с *подвешенным валом* (рис. 1.3, а) вал 3 дробящего конуса 4 в верхней точке, совпадающей с точкой пересечения осей конусов, подвешен к опоре 5, воспринимающей осевую и радиальную нагрузки. Нижний конец вала размещен в эксцентрик 2, опоры которого также воспринимают радиальную нагрузку дробящего конуса. Вращение эксцентрика осуществляется через коническую зубчатую передачу 1.

В дробилке с *опорным пестом* (рис. 1.3, б) осевая нагрузка дробящего конуса с пяты вала передается на пест 6 и далее на плунжер гидроци-

линдра 7, который уравнивается давлением жидкости. За счет этого обеспечивается возможность оперативного регулирования ширины b выходной щели.

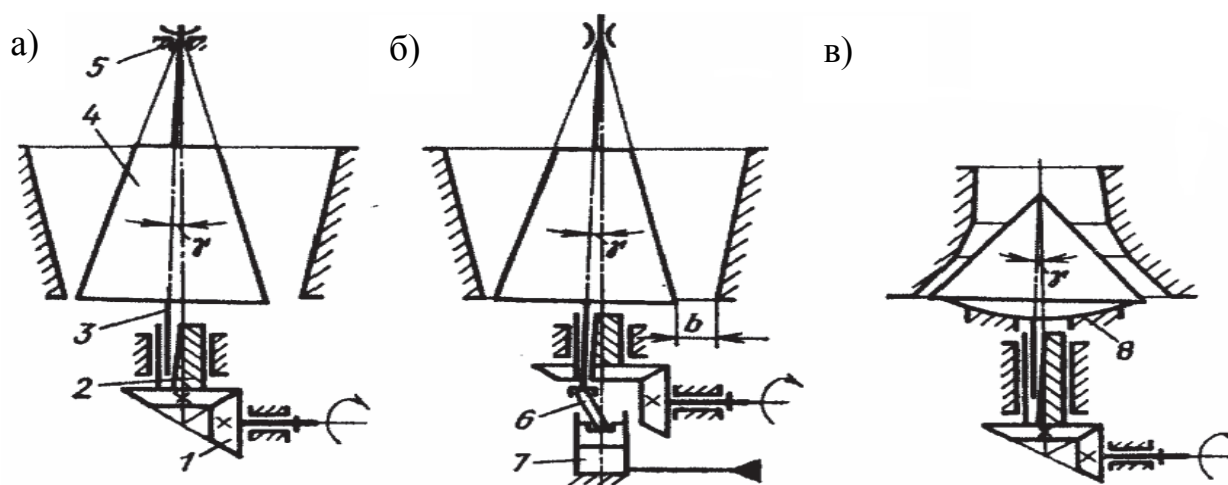


Рис. 1.3. Схемы конусных дробилок

В дробилках с *консольным валом* (рис. 1.3, в) дробящий конус имеет более пологую форму. В этих машинах осевая нагрузка воспринимается сферической пятой 8, а радиальная – опорой эксцентрика.

Производительность конусных дробилок (при сопоставимых параметрах) выше, чем у щековых. Это объясняется тем, что в щековых дробилках площадь выходного отверстия при перемещении щеки изменяется, а в конусных она постоянная, и изменяется лишь положение подвижного конуса в камере дробления. Перекатывание дробящего конуса также способствует лучшему заполнению камеры дробления и захвату кусков.

1.3. Валковые дробилки

Для среднего и мелкого дробления материалов высокой и средней прочности, а также для измельчения пластичных и хрупких материалов применяются валковые дробилки. В этих машинах процесс измельчения осуществляется непрерывно при затягивании кусков материала в суживающееся пространство между параллельно расположенными и вращающимися навстречу друг другу валками.

Валковые дробилки бывают одно-, двух-, трёх- и четырехвалковые. В зависимости от вида поверхности валков различают дробилки с гладки-

ми, рифлеными и зубчатыми валками. Дробилки с гладкими и рифлеными валками обычно применяют для дробления материалов средней прочности; дробилки с зубчатыми валками – материалов малой прочности. Размер кусков продукта зависит как от размера выходной щели между валками, так и от типа поверхности рабочих органов.

Основными недостатками валковых дробилок являются: 1) интенсивное и неравномерное изнашивание рабочих поверхностей валков при измельчении прочных и абразивных материалов; 2) сравнительно невысокая удельная производительность.

Широкое применение валковых дробилок объясняется тем, что они наиболее приспособлены для переработки очень распространенных материалов, склонных к налипанию или содержащих липкие включения. Во время работы дробилок налипший на поверхность валков материал срезается очистными скребками. Валковые дробилки характеризуются диаметром D и длиной L валков, при этом $L / D = 0,4...1,0$.

Изготавливают следующие валковые дробилки:

- двухвалковые дробилки с гладкими валками (ДГ) для среднего и мелкого, сухого и мокрого дробления материалов с пределом прочности при сжатии до 350 МПа;
- двухвалковые дробилки с рифлеными валками (ДР) для дробления материалов с пределом прочности при сжатии до 250 МПа;
- двухвалковые дробилки с гладкими и рифлеными валками (ДГР);
- четырехвалковые дробилки с гладкими валками (Д4Г) для мелкого дробления кокса.

Двухвалковая дробилка наиболее распространена (рис. 1.4). Машина с гладкими или рифлеными валками состоит из станины 1 рамной конструкции. Валок 8 установлен на подшипниках, размещенных в разъемных корпусах 9. Корпуса 5 подшипников другого валка установлены в направляющих 4 и могут перемещаться по ним вдоль станины. Регулирование ширины выпускной щели (зазора между валками) осуществляется с помощью набора прокладок 10, которые устанавливаются между корпусами неподвижных и подвижных подшипников. Подвижный валок прижимается к неподвижному системой верхних 6 и нижних тяг с пакетом пружин 3.

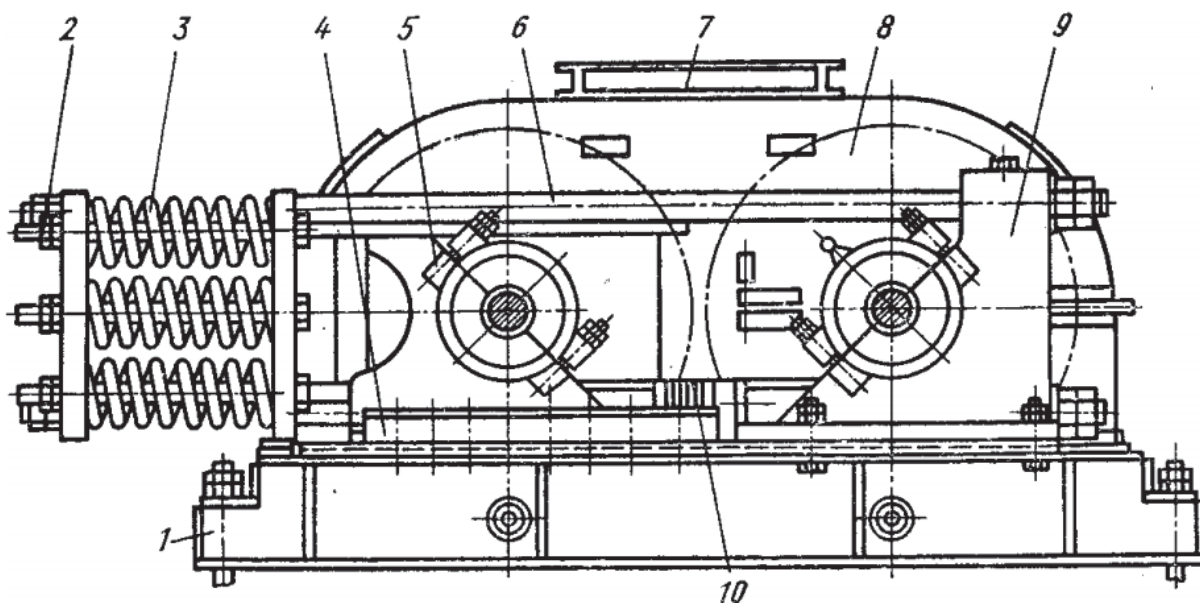


Рис. 1.4. Двухвалковая дробилка

Предварительное натяжение пружин, создаваемое гайками 2, обеспечивает суммарное усилие на валок, обеспечивающее дробление материала. При попадании в машину недробимых предметов пружины сжимаются, валки расходятся и пропускают их. Для предотвращения пыления дробящие валки закрыты кожухом с приемной воронкой 7.

1.4. Молотковые и роторные дробилки

По технологическому назначению роторные дробилки делят на дробилки крупного (ДРК), среднего (ДРС) и мелкого дробления (ДРМ). Принципиальные конструктивные схемы роторных дробилок во многом одинаковы и отличаются числом отражательных плит и соотношениями размеров ротора. Камера дробления у дробилок ДРК образуется ротором и двумя отражательными плитами, у дробилок ДРС и ДРМ – ротором и тремя плитами.

Конструкция *роторной дробилки* для крупного дробления показана на рис. 1.5. Корпус дробилки – сварной, разъемный, состоит из основания 1 и верхней части 2. Верхняя часть корпуса изнутри футерована броневыми плитами 3. Вал ротора 7 установлен на роликовых подшипниках, расположенных в корпусах основания 1. Корпус ротора – стальной, литой, в пазах клиньями закреплены била 6 из износостойкой стали или отбеленного чугуна.

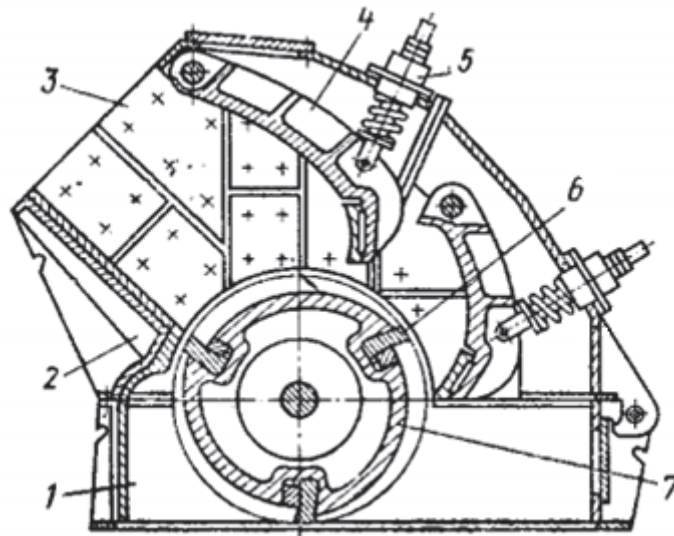


Рис. 1.5. Роторная дробилка

Внутри верхней части корпуса шарнирно закреплены несколько отражательных плит 4. Пространство между ротором, отражательной плитой и боковыми футеровочными плитами образует камеру дробления. Для регулирования степени измельчения расстояние между нижними кромками отражательных плит и билами изменяется при помощи подпружиненных тяг 5. Они являются также механизмами предохранения машины от поломок при попадании в нее недробимых предметов. Верхняя часть корпуса имеет разъемные переднюю и заднюю части. Последняя при помощи встроенного домкрата может откидываться на шарнире, что облегчает доступ к рабочим органам для их осмотра и ремонта. Приёмное отверстие дробилок снабжают цепной завесой, исключающей выбрасывание кусков измельчаемого материала под воздействием бил.

Конструкция *молотковой дробилки* показана на рис. 1.6. Корпус дробилки состоит из основания 1 и крышки 10. В сварном корпусе вращается вал ротора 3, установленный на роликовых подшипниках 2, вынесенных за пределы корпуса. Корпус изнутри футерован сменными броневыми плитами; в левой части крышки установлена отбойная плита 9. На валу ротора размещены диски 6 с дистанционными кольцами между ними. Через диски проходят оси 4 с шарнирно подвешенными молотками 5. Число рядов молотков и их общее количество определяется назначением дробилки и её размерами. На крупных дробилках устанавливают до 100 молотков массой 4...70 кг (в зависимости от типоразмера дробилки).

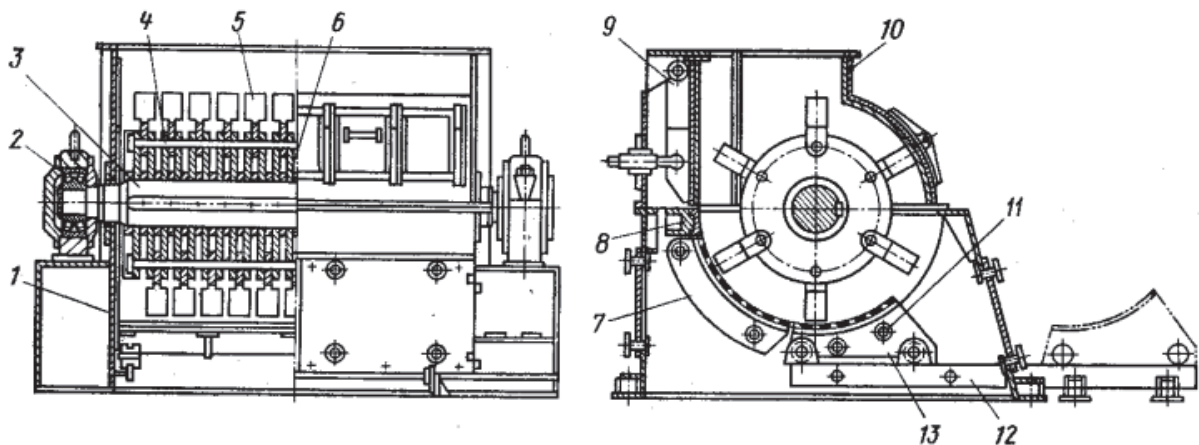


Рис. 1.6. Молотковая дробилка

Для регулирования размера частиц продукта в крупных дробилках используется отбойный брус 8, перемещаемый в направляющих и фиксируемый в требуемом положении винтами. В нижней части камеры дробления установлены две колосниковые решетки: поворотная 7, шарнирно подвешенная на оси, и выкатная. Рама 13 выкатной решетки установлена на катках, опорами для которых служат рельсы 12. Зазор между выкатной решеткой и молотками регулируют вращением эксцентриков 11.

1.5. Барабанные мельницы

Достоинствами барабанных мельниц являются простота конструкции и удобство в эксплуатации. К их основным недостаткам относятся: невысокие скорости движения мелющих тел и материала, в работе участвует только часть мелющих тел, рабочий объем барабана используется только на 35...40 %.

Схема рабочего процесса в барабанной шаровой мельнице приведена на рис. 1.7.

Двухкамерная мельница (рис. 1.8) состоит из полого сварного барабана 21, закрытого с обеих сторон стальными литыми крышками 5 и 6 с полыми цапфами 4 и 10. Внутренняя полость барабана делится

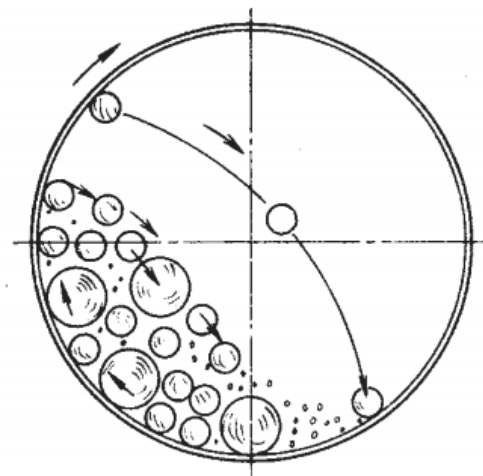


Рис. 1.7. Схема рабочего процесса в барабанной шаровой мельнице

перегородкой 19 со щелевидными отверстиями на две камеры, заполненные стальными шарами. В первой камере по ходу движения материала шары крупнее, чем во второй. Это повышает эффективность помола за счет обеспечения соответствия размеров шаров и кусков измельчаемого материала. Барабан цапфами опирается на подшипники 22; вращение ему передается от электродвигателя через редуктор и зубчатую муфту 14. Внутренняя поверхность барабана и крышек футерована плитами 20. Загрузка материала в барабан осуществляется через точку 1 и питатель 2. Затем материал захватывается лопастями 23 и попадает в полую загрузочную цапфу, имеющую шнековую насадку 3. Выгрузка материала происходит через полую цапфу 10. Измельченный материал из барабана проходит через торцовую решетку 7 и поступает на элеваторное устройство. Между решеткой и торцовой крышкой установлен конус 8 с приваренными к нему радиальными лопастями 18, образующими ряд секторов.

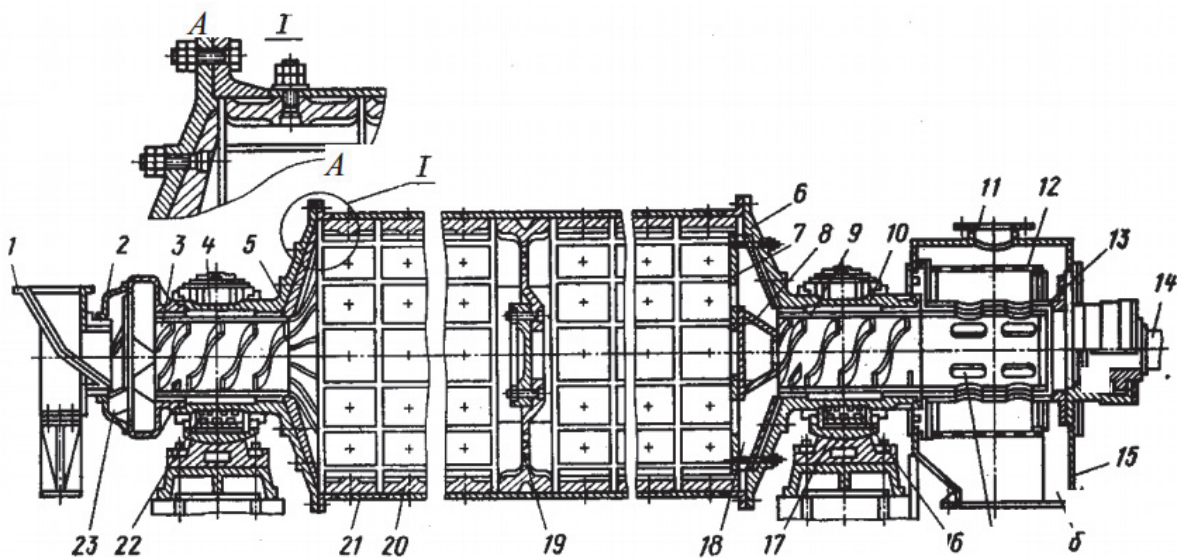


Рис. 1.8. Двухкамерная шаровая мельница

Материал, попавший в нижний сектор, при вращении барабана поднимается и по конусу 8 ссыпается в полость шнековой насадки 9, размещенной в полую цапфу 10. Через окна в разгрузочном патрубке 13 материал попадает на сито 12, служащее для задержания раздробленных мелких тел. Через патрубок 11 в кожухе 15 осуществляется аспирация воздуха. В мельницах применяют подшипники скольжения сферические самоустанавливающиеся, состоящие из корпуса 17, крышки и нижнего вкла-

дыша 16. Барабан мельницы изготавливают сварным из листовой стали. Его внутренняя поверхность футерована плитами из износостойких материалов со звукоизолирующими прокладками. Профиль и схема установки футеровочных плит существенно влияет на процесс измельчения материала и производительность барабанных мельниц.

Опыт эксплуатации барабанных мельниц показал, что наиболее рациональным является избирательное измельчение материала, когда крупные частицы измельчаются ударом, а мелкие – истиранием. Следовательно, режим работы мельниц должен обеспечивать чередование ударного режима с истиранием. На практике это реализуется за счет использования для футеровки элементов, обеспечивающих переменный коэффициент сцепления мелющих тел со стенками барабана.

1.6. Среднеходные мельницы

При уменьшении размера частиц их относительная прочность повышается. Это происходит вследствие того, что уменьшается число участков с нарушенной структурой в результате предварительного измельчения. Кроме того, в зоне упругих деформаций при снятии напряжений микротрещины могут смыкаться под действием молекулярных сил. Для повышения интенсивности измельчения материалов применяют среднеходные мельницы, имеющие скорость движения рабочих органов до 4 м/с. Данные мельницы характеризуются повышенной скоростью приложения нагрузок и частотой воздействия импульсов сил.

Валковые мельницы (рис. 1.9, а, б) состоят из вращающейся тарелки 1, привода 5, валков 2. Для обеспечения необходимого давления на материал валки установлены на осях, жестко закрепленных на рычагах 4, стягиваемых пружинами 3. При вращении тарелки валки под действием сил трения также вращаются вокруг собственных осей и перекатываются по тарелке. Материал измельчается под валками раздавливанием и истиранием.

Роликомаятниковая мельница (рис. 1.9, в) состоит из четырех роликов 7, закрепленных на маятниках, шарнирно подвешенных к центральному валу-крестовине 8. Материал измельчается между неподвижным кольцом 6, в желобе которого перекатываются ролики 7.

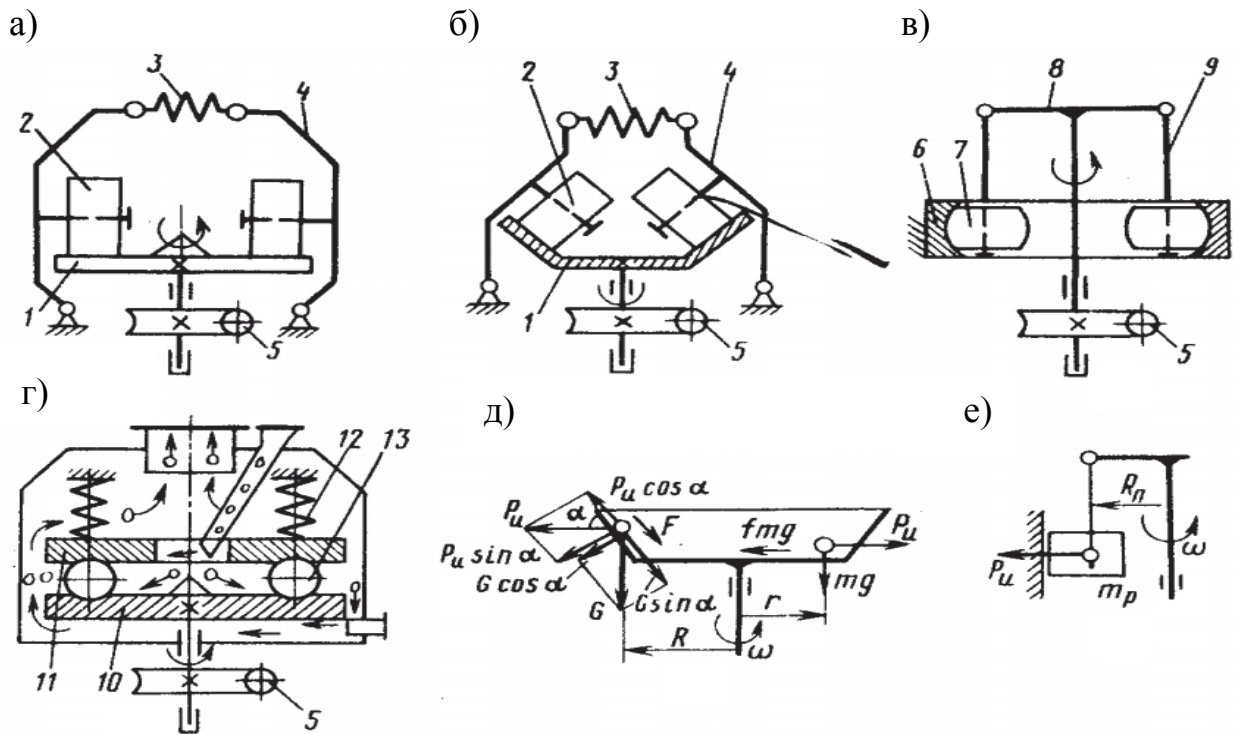


Рис. 1.9. Схемы среднеходных мельниц

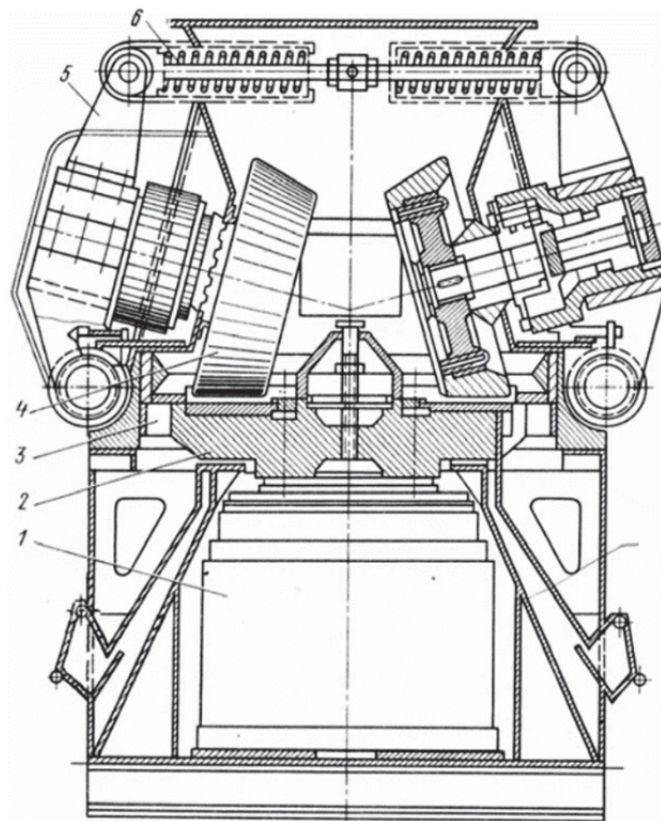


Рис. 1.10. Валковая мельница

Давление роликов на кольцо создается центробежными силами инерции, возникающими при вращении вокруг вертикальной оси крестовины 8 вместе с маятниковыми осями 9. Вал-крестовина должен вращаться с такой скоростью, чтобы обеспечить возникновение центробежной силы роликов, достаточной для создания удельного усилия их прижатия к кольцу не менее $P = 0,10 \dots 0,25$ МН/м.

Шаровая кольцевая мельница (рис. 1.9, з) состоит из поддона 10, вращающегося от привода 5. В желобе поддона размещены шары 13, прижимаемые к поддону пружинами 12 через кольцо 11. Измельчаемый материал подается на поддон, при вращении которого отбрасывается в желоб с помещенными в нем шарами, где и измельчается. Измельченный материал под действием центробежных сил выбрасывается из кольца к кожуху, из которого уносится воздушным потоком в сепаратор.

На рис. 1.10 приведена конструкция валковой мельницы, состоящей из валков 4, тарелки 2, приводимой во вращение от двигателя через редуктор 1. Валки установлены на осях, закрепленных в балансирных рычагах 5, стягиваемых пружинами 6. Исходный материал загружается через воронку на распределительный конус тарелки. При вращении тарелки материал попадает под валки, где измельчается. Измельченный материал выносится потоком воздуха, подаваемого по каналу 3, в сепаратор. Валковые мельницы изготовляют с тарелкой диаметром 0,6...1,7 м, скорость вращения которой около 3 м/с.

1.7. Мельницы ударного действия

В мельницах ударного действия материал измельчается под действием ударов вращающихся бил со скоростью 30...80 м/с, повторных соударений частиц с отражательными элементами и между собой. Ударные мельницы применяют для грубого помола мягких пород (гипса, асбеста, угля, глины и т. п.). В этих мельницах помол влажных материалов можно совмещать с одновременной их подсушкой. Предельная начальная температура сушильного агента может достигать 350 °С, а температура аэросмеси 50...70 °С. В промышленности строительных материалов применяют мельницы с жестко закрепленными на роторе билами и шарнирно подвешенными молотками-билами. Основным параметром ударных мельниц является диаметр окружности, описываемой билами.

Мельницы ударного действия представляют собой несколько видоизмененные ударные дробилки. На рис. 1.11 показана мельница с шарнирными молотками 2, подвешенными па тягах вращающегося ротора 3. Материал измельчается ударами молотков, повторными ударами частиц о броневые плиты 4 и истиранием между молотками и колосниками в нижней зоне камеры. При вращении ротора в камере создается разрежение, благодаря чему обеспечивается всасывание воздуха через каналы 1.

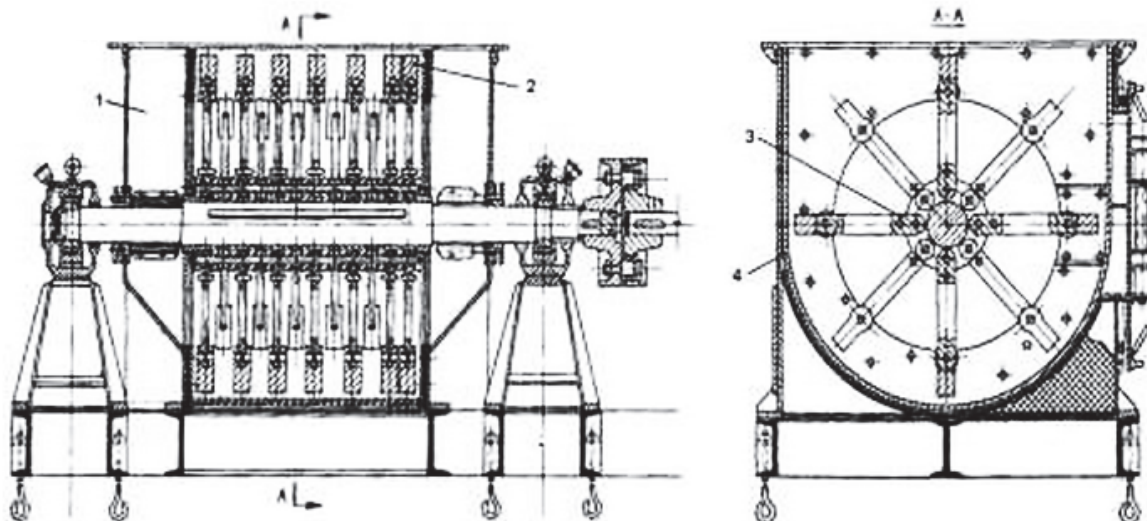


Рис. 1.11. Мельница с шарнирно-подвешенными молотками

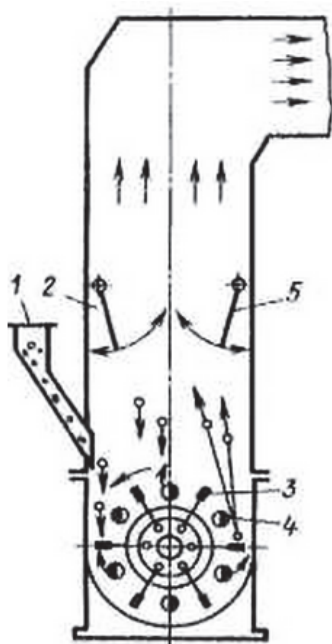


Рис. 1.12. Шахтная мельница

Как правило, ударные мельницы работают в комплекте с оборудованием, в котором поток газа используют для транспортирования и сортирования материала. На рис. 1.12 показана шахтная мельница, в которую материал, подлежащий измельчению, вводится по трубке 1 в шахту 2 и заполняет пространство между стенкой мельницы и билами. Вращающиеся молотки ротора 3 протаскивают материал в нижней зоне и выбрасывают его в шахту.

При вращении ротора в помольной камере создается разрежение, благодаря чему обеспечивается всасывание воздуха через приемные каналы 4. Готовые мелкие фракции перемещаются потоком воздуха из шахты в осадительные

устройства. Крупные частицы выпадают из потока газа и поступают еще раз в мельницу для доизмельчения. Таким образом, шахта служит в качестве сепаратора. Тонкость помола можно регулировать изменением положения отбойных плит 5, которые изменяют проходное сечение шахты и, следовательно, скорость движения газа.

На рис. 1.13 показана схема аэробильной мельницы с жестко закрепленными билами и с питателем, сепаратором и вентилятором. Материал тарельчатым питателем 5 подается в мельницу 1. Била ротора выбрасывают частицы в трубу 2, прикрепленную к горловине мельницы. В результате разрежения, создаваемого вентилятором 7, материал поступает в сепаратор 3, в котором разделяется по крупности.

Мелкие частицы отсасываются по трубе 6 вентилятором и направляются в осадительные устройства. Крупные частицы материала по лотку 4 направляются в мельницу на доизмельчение.

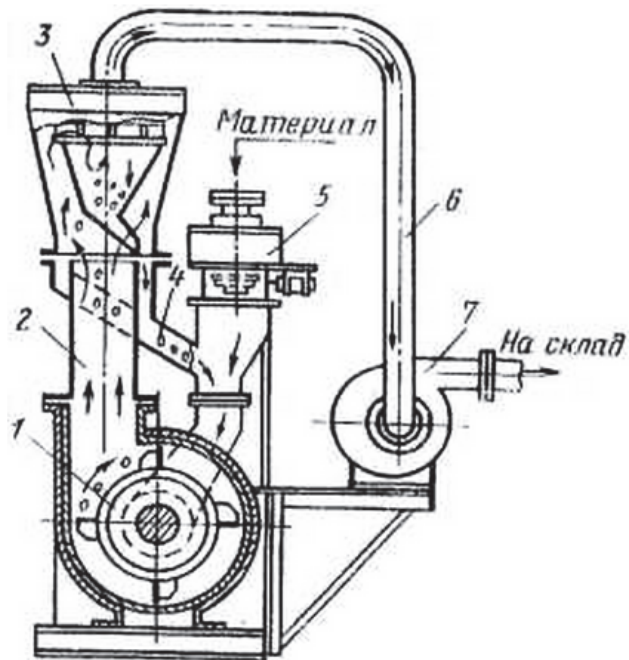


Рис. 1.13. Аэробильная мельница

1.8. Приводы роторов

Привод роторов в подавляющем большинстве случаев осуществляется непосредственно от электродвигателей через клиноременные передачи, при этом назначается скорость клиновых ремней около 15 м/с, а иногда она достигает 30 м/с. Для привода бильных роторов наряду с кордтканевыми приводными ремнями применяются кордшнуровые. В зависимости от размеров шкивы, устанавливаемые на бильные роторы, выполняются точеными из болванки (при малых размерах) либо литыми. Все шкивы подвергаются механической обработке и проходят балансировку. Сварные и сборные шкивы не применяются. Шкивы монтируются консольно, благодаря чему упрощается надевание и смена ремней. Натяжные

ролики в ременных приводах не применяются, так как они значительно снижают долговечность ремней. Работоспособность бильных роторов определяется жесткостью их конструкции, надежностью работы насадок и состоянием подшипниковых узлов. В зависимости от расположения насадок относительно опор роторы можно подразделить на двухопорные с центральным и с консольным расположением рабочих насадок. Роторы с центральным расположением насадок (рис. 1.14, а) применяются в большинстве машин по переработке химических продуктов.

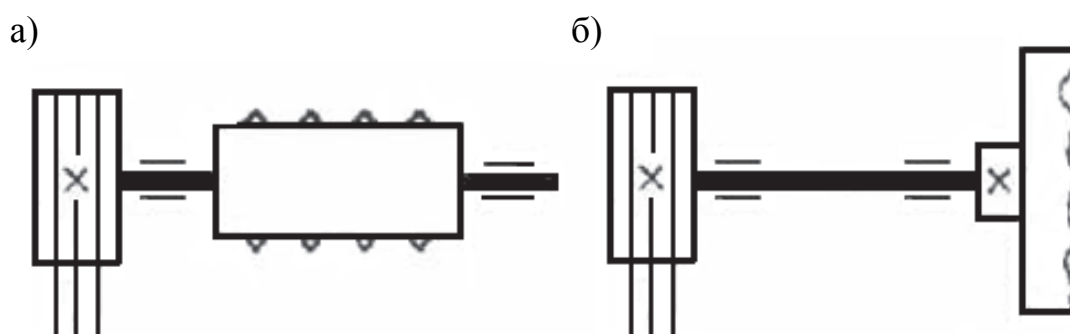


Рис. 1.14. Типовые схемы бильных роторов в зависимости от расположения опор:

- а – двухопорный с центральным расположением рабочих насадок;
- б – двухопорный с консольным расположением рабочих насадок

Роторы с консольным расположением насадок (рис. 1.14, б) применяются в дезинтеграторах, молотковых, крестных дробилках и мельницах.

2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФИЛЬТРОВАНИЯ

2.1. Ленточные вакуум-фильтры

Фильтры вакуумные ленточные предназначены для разделения агрессивных и неагрессивных быстроосаждающихся суспензий с неоднородной твердой фазой (рис. 2.1). Фильтры этого типа могут, в частности, использоваться для обезвоживания осадков сточных вод, предварительно обработанных флокулянтами, а также суспензий, полученных после многократной промывки осадка. Они относятся к фильтрам непрерывного действия с постоянным перепадом давления.

К преимуществам ленточных фильтров относятся возможности реализации оптимальных технологических режимов фильтрования и промыв-

ки осадка, регулирования толщины слоя осадка и скорости движения фильтровальной ленты, а также простота обслуживания.

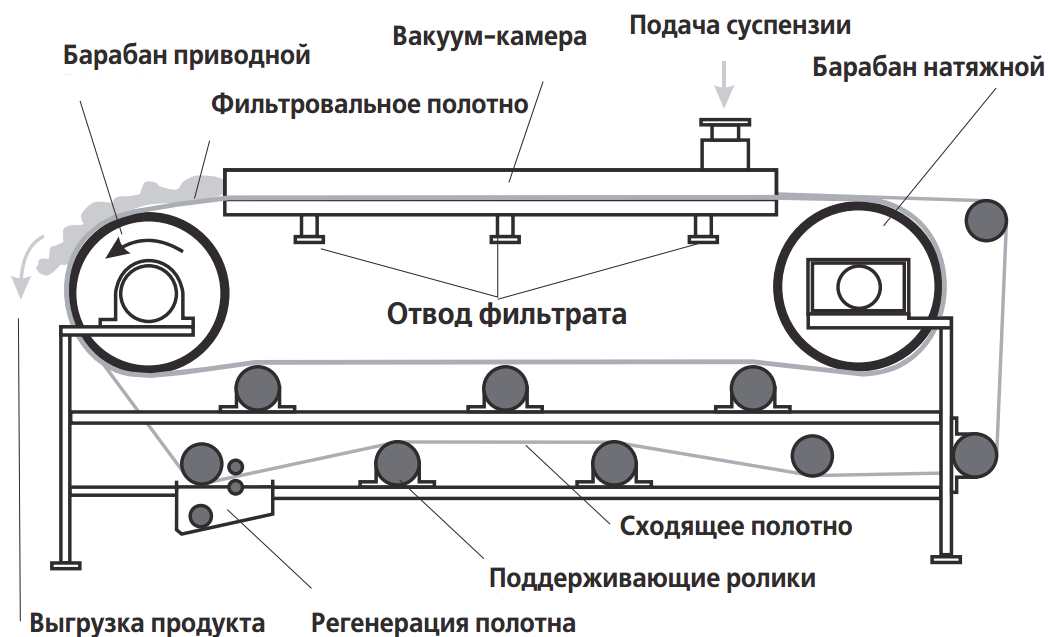


Рис. 2.1. Ленточный вакуум-фильтр

Поверхность фильтрования ленточных вакуум-фильтров составляет $1,8 \dots 3,0 \text{ м}^2$ при ширине ленты $500 \dots 1580 \text{ мм}$. Приводы фильтров обеспечивают бесступенчатую регулировку скорости перемещения ленты. Основным материалом фильтров – углеродистая и коррозионностойкая стали.

2.2. Вертикальные рамные фильтр-прессы

Вертикальные рамные фильтр-прессы – устройства периодического действия, имеющие самый большой срок эксплуатации по сравнению с другим фильтровальным оборудованием, отличаются простотой и надежностью. Они применяются для разделения трудно фильтрующихся суспензий с содержанием твердой фазы от 10 до 500 кг/м^3 в тех случаях, когда по технологическим требованиям осадок должен быть отмыт и отжат от маточника или промывной жидкости, а также для качественной очистки жидкости от твердых включений. Работают, как правило, при постоянной скорости фильтрования, дешевы, компактны, характеризуются большой поверхностью фильтрования, приходящейся на единицу занимаемой площади, хорошо приспособлены к изменяющимся свойствам суспензии.

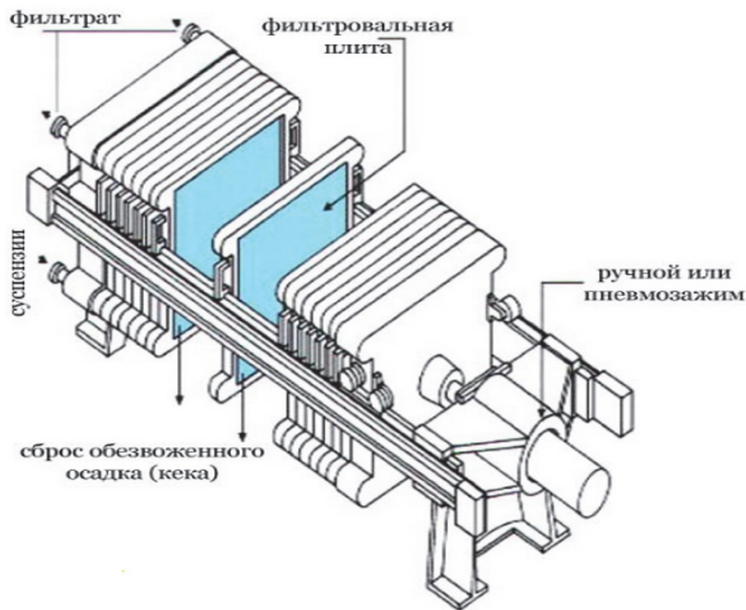


Рис. 2.2. Рамный фильтр-пресс

Рамный фильтр-пресс (рис. 2.2) состоит из вертикальных чередующихся плит и рам, которые прижимаются друг к другу зажимом (ручным, электромеханическим, гидравлическим).

Рамы выполняют роль «карманов» – свободных камер для приема обрабатываемого осадка. Принцип работы такого фильтр-пресса следующий:

осадок, который необходимо обезводить, пропускают через фильтровальную перегородку при помощи избыточного давления (рис. 2.3). В итоге фильтрат через желоба рифленных плит попадает в отводные каналы, а потом в специальный сборник. Твердая же часть остается в камере и удаляется при раздвигании плит. В соответствующих местах фильтровальной ткани также выполняются отверстия. По способу отвода фильтрата различают открытые и закрытые фильтр-прессы. Изготавливаются фильтры из чугуна, углеродистой и коррозионностойкой сталей, полипропилена.

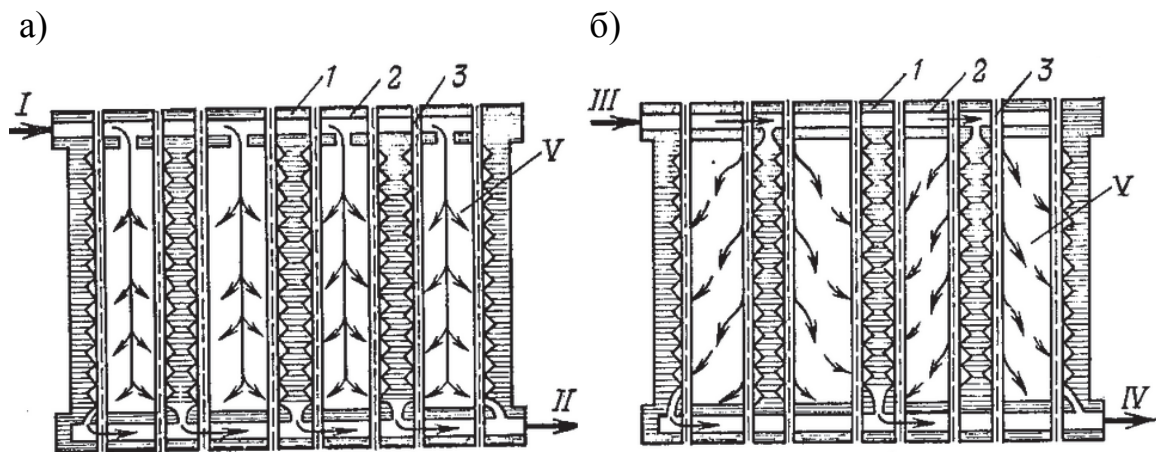


Рис. 2.3. Схема движения потоков в рамном фильтр-прессе:

а – при фильтрации; б – при промывке осадка; I – суспензия; II – фильтрат; III – промывная жидкость; IV – промывной раствор; V – осадок; 1 – плита; 2 – рама; 3 – фильтровальная ткань

3. ЦЕНТРИФУГИ

3.1. Общие сведения. Классификация

Центрифуги используются для извлечения различных кристаллов и осадков из растворов, разделения двух взаимно нерастворяющихся жидкостей, очистки загрязненных жидкостей, отжима влаги из волокнистых полимерных материалов и многих других подобных операций по извлечению разнородных веществ из технологических растворов. Центрифуги получили широкое распространение не только в химической промышленности, но и в самых различных областях техники. Заводами химического машиностроения выпускается большое количество центрифуг различных моделей, типов и конструкций, основными из которых являются:

а) центрифуги вертикальные периодического действия, подвешенные на колонках (типа ТВ, ТН, ТК);

б) вертикальные непрерывного действия со шнековой и вибрационной выгрузкой осадка (типа НВШ и НЛ1В);

в) вертикальные периодического действия с верхним приводом (типа ПН, ПМ и ПС);

г) горизонтальные периодического действия со съемом осадка ножом (типа АГ и АО Г);

д) горизонтальные непрерывного действия с пульсирующей выгрузкой осадка (типа НТТ1);

е) горизонтальные непрерывного действия со шнековой выгрузкой осадка (типа НОГЩ);

ж) сверхцентрифуги.

Основными характеристиками, используемыми при обозначении типа той или иной центрифуги, являются:

1) характер действия (непрерывное или периодическое, автоматическое или механизированное);

2) принцип действия (фильтрующие или осадительные; у фильтрующих центрифуг ротор выполняется перфорированным, у осадительных – сплошным);

3) расположение оси ротора (горизонтальное, вертикальное или наклонное);

4) способ выгрузки продукта (нижняя, верхняя, шнековая, пульсирующая, вибрационная и т.д.);

5) далее обозначаются диаметр ротора, порядковый номер, материал и другие индексы.

Перечисленные характеристики в основном определяют конструкцию ротора как основного органа любой центрифуги. Роторы центрифуг являются главными рабочими органами машин для разделения неоднородных систем. От роторов машин, описанных выше, роторы центрифуг отличаются по конструкции и по условиям работы: они работают на высоких скоростях, достигающих в некоторых центрифугах 20 000 об/мин.

Многочисленные разновидности роторов, применяемых в центрифугах, наиболее целесообразно подразделить на следующие группы:

- 1) карусельные;
- 2) вертикальные подвесные;
- 3) горизонтальные с ножевыми устройствами выгрузки осадка;
- 4) горизонтальные пульсирующие;
- 5) горизонтальные цилиндро-конические со шнековой выгрузкой осадка.

3.2. Карусельные роторы

Карусельные роторы (рис. 3.1) применяются преимущественно в центрифугах периодического действия с вертикальной осью вращения (типа ТВ, ОТВ, ТНиОТН).

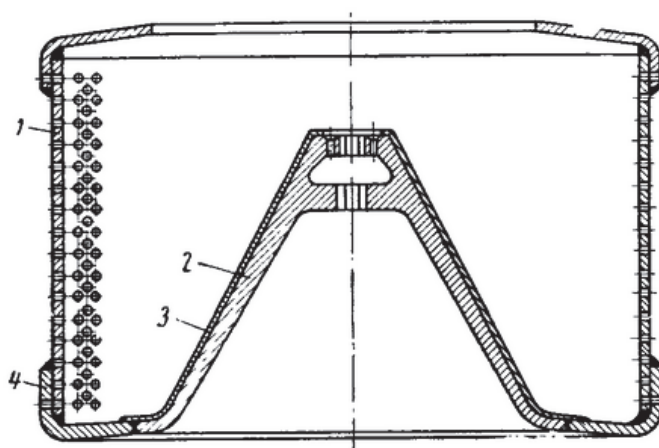


Рис. 3.1. Схема карусельного ротора:
1 – обечайка; 2 – ступица;
3 – плакирующий слой; 4 – дно

Корпуса этих роторов подвешиваются на подпружиненных стержнях, монтируемых на трех колоннах. В центрифугах подобного типа выгрузка осадка производится через верх ротора или через отверстия в днищах ротора. Карусельные роторы центрифуг применяются в малотоннажных производствах для разде-

ления суспензий с малой и средней зернистостью, а также для отделения жидкости от таких изделий, как пряжа, ткани, различные детали. Наиболее сложные конструкции карусельных роторов аналогичны конструкциям роторов центрифуг с вибрационной и шнековой выгрузкой осадка. Последние находят более широкое применение в промышленности и на их основе разработан типовой ряд фильтрующих центрифуг с диаметрами роторов 200, 320, 350 и 500 мм. Возвратно-поступательные движения ротора, его коническая форма и центробежные силы обеспечивают перемещение продукта к верхнему широкому основанию конического ротора, где обезвоженный продукт отбрасывается на кольцевую ленту и затем по кожуху – в бункер, расположенный под центрифугой. Частота вращения ротора – до 1800 об/мин, амплитуда колебаний – 3...4 мм.

3.3. Вертикальные подвесные роторы

Вертикальные подвесные роторы применяются в фильтрующих центрифугах периодического действия с нижней выгрузкой осадка. Принципиальным отличием роторов этого типа от описанных ранее является вертикальное расположение оси вращения перфорированного барабана с подвеской приводного вала на шарнирной опоре, расположенной выше центра тяжести вращающейся системы. Привод для подобных роторов размещается на специальных сварных конструкциях П-образной формы, между стойками которых на фундаменте монтируется собственно центрифуга с органами управления. Подобные роторы загружаются суспензией при пониженном числе оборотов, поэтому во вращение приводятся специальными регулируемыми электродвигателями (с фазовым ротором), имеющими несколько скоростей. Осадок продукта выгружается тремя способами: с помощью механизированного ножа, под действием собственного веса и вручную. При выгрузке продукта с применением ножа (центрифуги типа НП) после окончания процесса фуговки ротор останавливается, а затем реверсируется, включаясь на скорость около 50 об/мин. Срезанный в таком режиме осадок ссыпается из ротора в транспортирующее устройство под центрифугой. Переключение скоростей электродвигателя при разгоне и торможении происходит автоматически. При выгрузке осадка под действием собственного веса (центрифуги ПС) днища роторов выполняются с

большим углом наклона к горизонтали. В этих случаях разгрузочные отверстия днища запираются и открываются спускным конусом с помощью специального подъемного устройства. По окончании процесса фуговки спускной конус поднимается при вращении ротора, и после полной остановки последнего осадок под действием собственного веса сползает вниз – так происходит саморазгрузка ротора. При ручном способе выгрузки осадка (центрифуги ПМ) днище ротора выполняется со спускным конусом или вместо него устанавливается распределительный диск, состоящий из двух половин. Под действием центробежной силы обе половины диска перекрывают отверстие днища, а при остановке ротора вновь его открывают. По окончании процесса отжима и промывки осадка ротор останавливают и осадок сталкивают деревянным веслом. Такой метод выгрузки применяется там, где осадок не может быть выгружен механическим способом.

3.4. Горизонтальные роторы с ножевыми устройствами выгрузки осадка

Горизонтальные роторы с ножевыми устройствами выгрузки осадка применяются в центрифугах периодического действия типа АГ, предназначенных для разделения различных суспензий с размерами зерен порядка 20...150 мк.

В подавляющем большинстве конструкций центрифуг этого типа роторы выполняются консольными, их диаметры составляют 600...1200 мм. Роторы диаметром 1800 мм и более монтируются между опорами приводного вала.

В фильтрующих центрифугах обечайки роторов выполняются перфорированными, а внутренние поверхности покрываются фильтрующими перегородками.

Горизонтальные роторы центрифуг имеют частоту вращения до 2500 об/мин при диаметре барабана 600 мм. Мощность электродвигателей привода ротора находится в пределах 20...55 кВт.

4. СМЕСИТЕЛИ

Термин «смешение» используется для обозначения процесса, в котором два или более компонентов перемешиваются друг с другом в каком-то объеме. При смешении происходит изменение первоначального распределения компонентов в объеме.

При производстве и переработке полимерных материалов в большинстве случаев в полимер приходится вводить такие добавки, как стабилизаторы, наполнители, красители, пластификаторы и другие вещества. Для эффективного проведения этих процессов очень важно знать основные закономерности процессов смешения. В состав смеси могут входить два или более компонентов. Для простоты изложения будем рассматривать двухкомпонентные смеси. При переходе к многокомпонентным системам процесс смешения можно рассматривать как смешение каждого последующего компонента с ранее приготовленной смесью. Компонент смеси, концентрация которого выше концентрации всех других компонентов, называется основным в отличие от других, называемых ключевыми, или дополнительными.

Различают простое и диспергирующее смешения.

Под **простым смешением** понимают процесс, в результате которого увеличивается случайность пространственного распределения частиц дополнительного компонента в основном компоненте без уменьшения их размеров.

При **диспергирующем смешении** происходит как уменьшение размеров частиц вводимого вещества, так и увеличение статистического беспорядка в их распределении. Примером диспергирующего смешения служит введение технического углерода в полиэтилен или резиновую смесь в смесителях-пластикаторах.

Многие процессы простого смешения основаны на явлении молекулярной диффузии. Так, после удаления перегородки, разделяющей два газа, происходит их взаимная диффузия, в результате которой образуется однородная смесь. Подобным же образом смешиваются две смешиваемые жидкости, но в этом случае требуется гораздо больший промежуток времени. Роль диффузионного механизма при смешении расплавов полимеров весьма незначительна.

При бездиффузионном смешении движение частиц осуществляется под воздействием различных внешних сил. Если основным компонентом является жидкость, находящаяся в турбулентном режиме движения, то процесс смешения протекает быстро. Процесс смешения, осуществляемый при турбулентном режиме течения, называется *турбулентным*. При смешении высоковязких жидкостей, к которым относятся расплавы и растворы полимеров, турбулентность обычно не развивается. Процесс смешения высоковязких жидкостей протекает при низких числах Рейнольдса ($Re < 1$), этот процесс называют *ламинарным*.

4.1. Барабанные смесители

Под названием «сыпучий материал» или «сыпучее тело» понимается совокупность мелких твердых частиц. В зависимости от размеров и формы частиц сыпучий материал может быть в пылевидном, порошкообразном, зернистом состояниях или в виде кусков. В отличие от жидкостей сыпучий материал вследствие сил трения и сцепления между частицами имеет резко ограниченную подвижность и непропорционально передает давление на дно и стенки емкости в зависимости от высоты уровня загрузки.

Подвижность сыпучих материалов характеризуется углом естественного откоса и коэффициентом внутреннего трения. Чем меньше угол естественного откоса и коэффициент внутреннего трения, тем подвижнее сыпучий материал,

При конструировании смесителей необходимо учитывать такие свойства сыпучего материала, как слеживаемость и способность некоторых сыпучих материалов вызывать коррозию соприкасающихся с ним материалов. Кроме того, некоторые пылевидные материалы во взвешенном состоянии в воздухе взрывоопасны. К ним относятся многие красители, целлулоид, эбонит, большинство пластмасс. При выборе типа смесительной машины для взрывоопасных сыпучих материалов это свойство играет решающую роль. Корпус смесительного устройства должен быть герметичным; во вращающихся внутренних устройствах следует исключить искрообразование, удары и местные перегревы материала. Для пневмотранспорта или псевдоожижения необходимо использовать инертные газы.

Насыпная масса сыпучих материалов зависит от их гранулометрического состава, влажности, плотности вещества и способа загрузки, она колеблется в широком диапазоне от 0,2 до 3,0 г/см³.

Насыпная масса материала при выбранной производительности смесителя определяет его объем.

Смешение сыпучих материалов производится в основном в простых барабанных смесителях, в барабанных смесителях с перемешивающим устройством, лопастных и пневматических смесителях.

Барабанные смесители пригодны для смешения любых сыпучих компонентов и применяются исключительно как машины периодического действия (рис. 4.1).

В некоторых конструкциях барабанных смесителей с горизонтальной осью процесс смешения интенсифицируют с помощью различных вращающихся устройств, так как качество смешения в смесительных барабанах с неподвижными элементами на внутренней поверхности корпуса неудовлетворительно. В этом случае торцевые стенки барабана выполняют неподвижными, что вызвано необходимостью установки вращающегося перемешивающего устройства.

Принцип работы – продукт перемешивается вследствие неоднократного пересыпания в объеме цилиндрической емкости, которая постоянно вращается. Процесс перемешивания происходит благодаря действию силы тяжести.

4.2. Центробежные смесители

Достаточная для практических целей однородность достигается в барабанных смесителях промышленного типа лишь по истечении длительного промежутка времени, что обуславливает их малую производительность. Основной причиной этого является тихходность смесителей и, как следствие, слабая циркуляция массы. Этих недостатков удалось избежать в центробежных смесителях.

В центробежных смесителях вихревые потоки сыпучего материала возникают вследствие взаимодействия сил трения и центробежных сил, действующих при движении частиц материала по кольцевым траекториям.

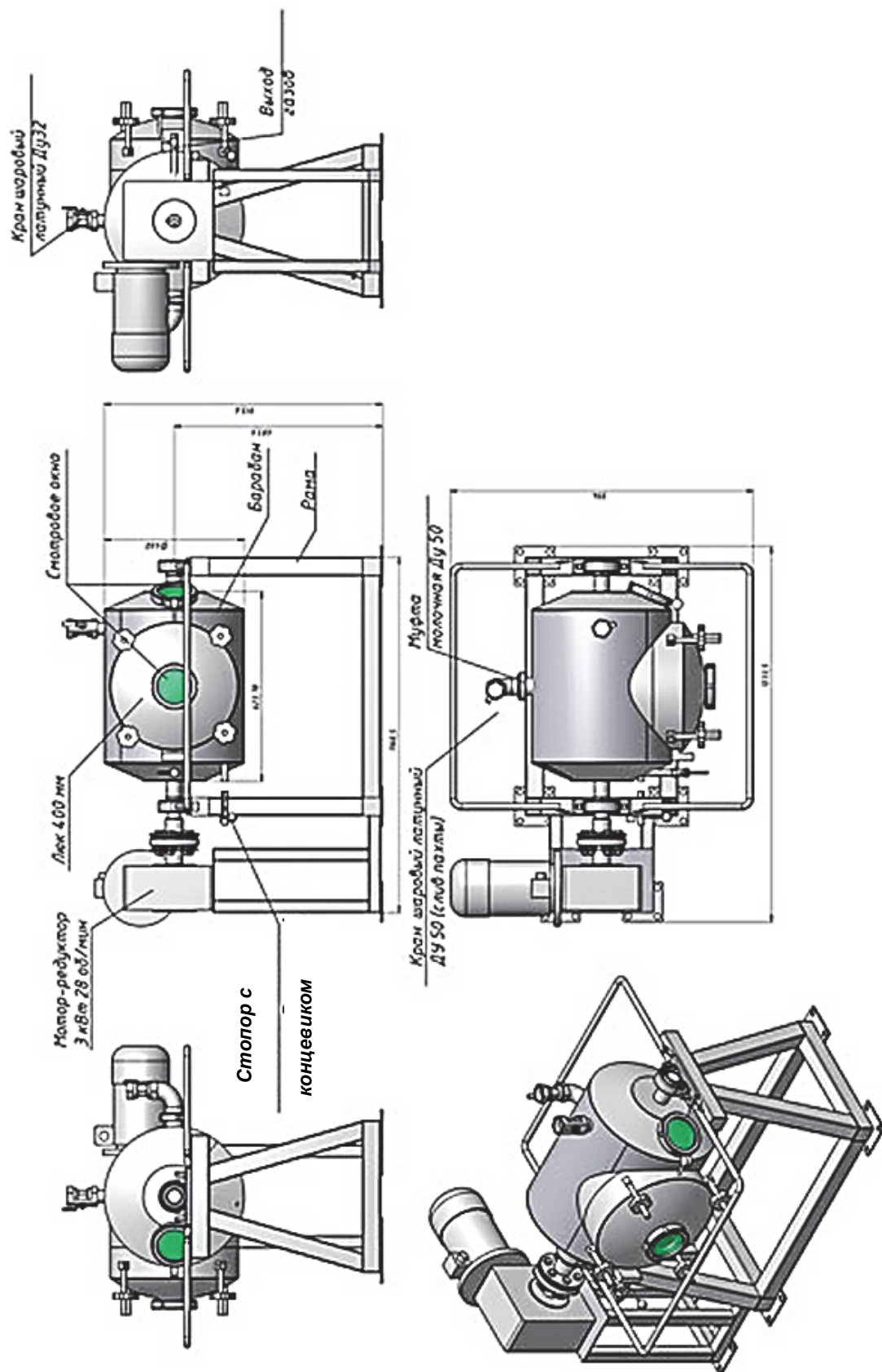


Рис. 4.1. Схема устройства барабанного смесителя

Основным рабочим органом центробежного смесителя (рис. 4.2) является полый конический ротор 1, установленный на валу 11, внутри корпуса 2. К днищу ротора 1 жестко прикреплена лопастная мешалка 7, лопасти которой установлены под углом 35°. В нижней части конуса прорезаны два симметрично расположенных окна 13. Загрузка смесителя производится через расположенный на крышке 3 люк 4, выгрузка – через перекрытый откидной заслонкой люк 12. Корпус смесителя укреплен на цилиндрической сварной станине 9. Привод ротора 1 осуществляется через клиноременную передачу 10 от электродвигателя 8. При вращении ротора 1 попавший в него при загрузке материал вследствие трения вовлекается во вращение. Частицы материала под воздействием возникающих при их вращении центробежных сил начинают двигаться по внутренней поверхности корпуса, а затем сбрасываются с

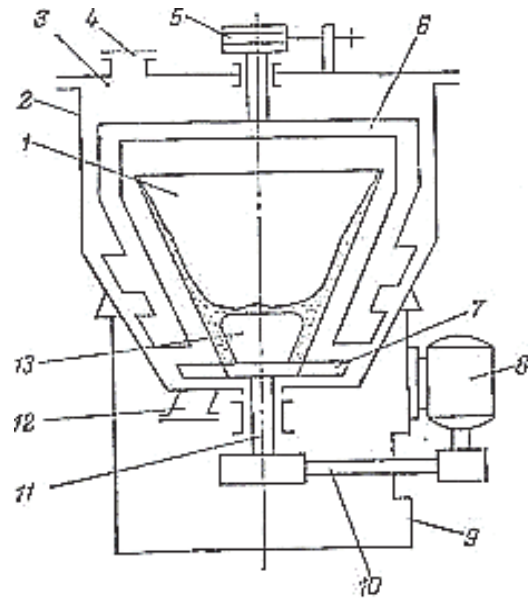


Рис. 4.2. Схема устройства центробежного смесителя

нее в кольцевое пространство между конусом и корпусом. Новые порции материала поступают внутрь конуса через окна 13. Лопастная мешалка 7, вращаясь вместе с ротором, создает эффект псевдооживления и, увеличивая подвижность сыпучего материала, способствует его притоку через окна 13 внутрь ротора 1. Перемешивание материала происходит вследствие его движения по причудливым спиральным траекториям, проходящим как по внутренней поверхности конуса, так и в кольцевом пространстве, сопровождающегося соударениями частиц друг с другом и со стенками корпуса и ротора.

В смесителях, предназначенных для смешения материалов с плохой сыпучестью, в кольцевом пространстве корпуса устанавливают раму 6 с лопастями и острым скребком, который входит внутрь конуса. Под влиянием сил, действующих со стороны движущегося материала на скребок и лопасти, рама вовлекается во вращение. Регулируя с помощью ленточного тормоза 5 сопротивление вращению, управляют частотой вращения рамы.

Из-за существования разности между окружными скоростями лопастей и материала часть его, наталкиваясь на лопасти, «нагнетается» через окна 13 внутрь ротора, остальной материал остается в кольцевом пространстве.

Скорость циркуляции через конус зависит от угла конусности ротора, формы лопасти и коэффициента заполнения корпуса материалом. Экспериментально установлено, что наилучшие результаты дает использование конусов с углом $\beta \sim 60^\circ$ при коэффициенте заполнения 0,6...0,8 (меньшие значения относятся к тяжелым материалам, большие – к легким).

4.3. Двухроторные смесители

В лопастных смесителях перемешивающие устройства представляют собой два ротора, вращающихся в смесительной камере. Двухроторные смесители отличаются большим разнообразием конструкций. Их можно применять для приготовления с подогревом или охлаждением пастообразных масс, для смешения сыпучих материалов с небольшими добавками жидкости, а также для пластикации композиционных полимерных материалов. Конструкция этих смесителей зависит от их назначения.

Основными конструктивными элементами двухроторных смесителей являются рабочая камера и вращающиеся в ней с разной скоростью навстречу друг другу два ротора, имеющих в зависимости от назначения различную конфигурацию.

На рис. 4.3 показана конструкция двухроторного смесителя с Z-образными лопастями и опрокидывающейся рабочей камерой. Такие смесители предназначены для приготовления с подогревом или охлаждением пастообразных масс. Смеситель состоит из рабочей камеры 14 и двух Z-образных роторов 8, вращающихся в противоположные стороны с различными угловыми скоростями. Рабочая камера снабжена крышкой 7 с быстродействующим затвором 6.

Роторы приводятся во вращение электродвигателем 1, связанным через муфту 3 и ценную передачу 4 с приводными шестернями, установленными на станине 2. Материал загружается в рабочую камеру смесителя при снятой крышке 7.

Для выгрузки готового продукта камера опрокидывается гидроцилиндром 15, работающим от гидроагрегата с электродвигателем 5.

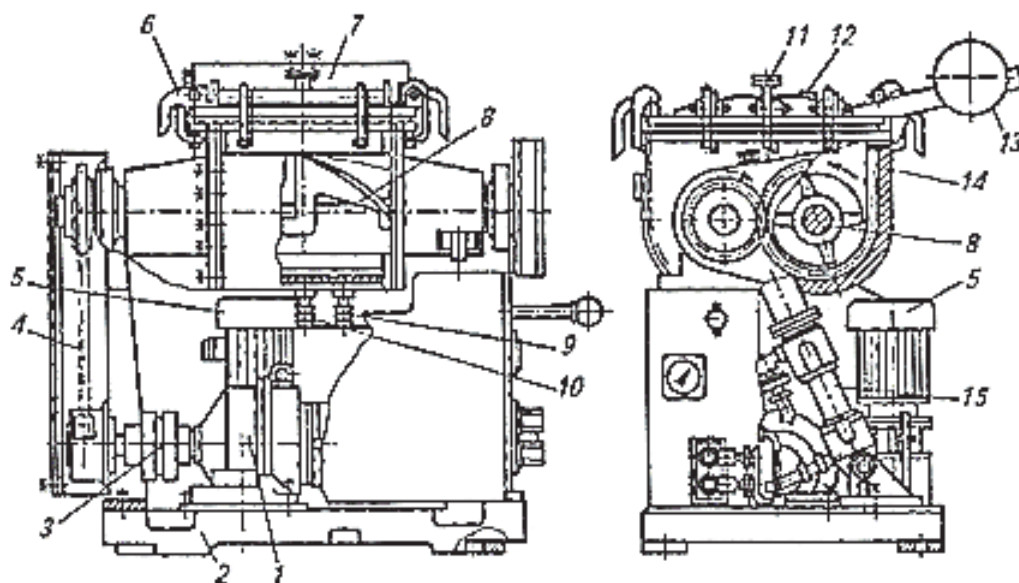


Рис. 4.3. Двухроторный смеситель с Z-образными лопастями

Для облегчения снятия крышки предусмотрен противовес *13*. Температурный режим перемешивания поддерживается теплоносителем, для подвода и отвода которого используют штуцеры *10* и *9*. В смесителе имеются также технологический штуцер для ввода жидких компонентов *11* и воздушник *12* для удаления летучих составляющих из рабочей камеры вакуумированием.

В последние годы получили распространение двухроторные смесители с реверсивным червяком. Отличительная особенность этого типа смесителя по сравнению с рассмотренными – наличие реверсивного червяка, предназначенного для интенсификации процесса смешения, механизации разгрузки готовой смеси, а также, при необходимости, для формования из пасты профильных изделий. Эти смесители можно применять в следующих технологических процессах: смешение твердых веществ с жидкостями для получения однородных паст, мазей; смешение порошкообразных масс с жидкостями для увлажнения частиц порошка; нагревание или охлаждение твердых и густых масс при интенсивном перемешивании; окрашивание материала; получение клеев.

Двухроторный смеситель с реверсивным червяком (рис. 4.4) состоит из следующих основных конструктивных элементов: камеры смешения *1* с крышкой, двух лопастей *3* специальной формы, реверсивного червяка *2*.

Камера смешения 1 представляет собой корыто с двумя торцевыми съемными стенками 5, в которых имеются отверстия для валов лопастей и червяка. Дно камеры образовано двумя большими полуцилиндрами для лопастей и третьим полуцилиндром для червяка.

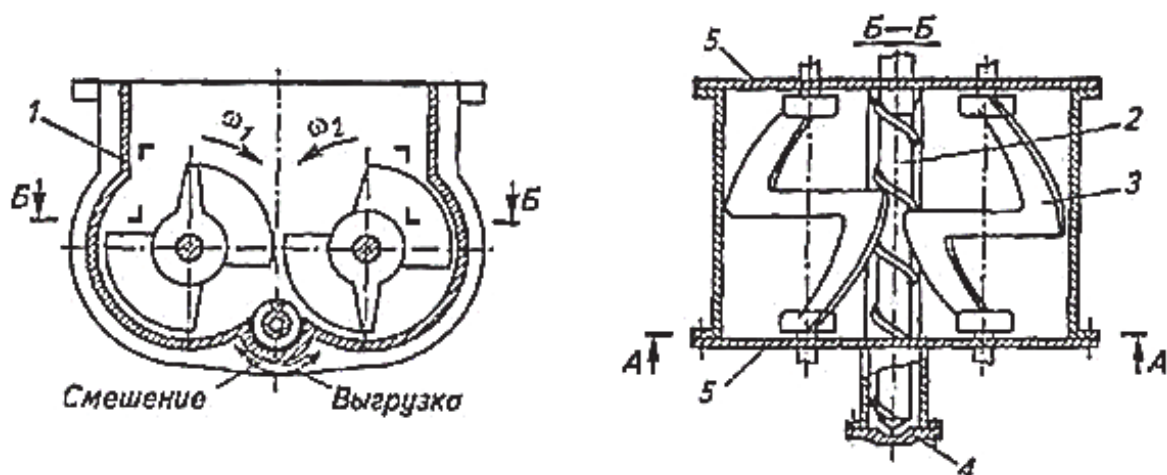


Рис. 4.4. Двухроторный смеситель с реверсивным червяком

В камере смешения загружают необходимое количество сыпучего компонента, заливают жидкие компоненты и включают лопасти и червяк. Лопасти смесителя вращаются навстречу друг другу с различной частотой и перемешивают загруженные компоненты.

Навивка лопастей имеет такое направление, что масса движется обычно к центру корыта. Червяк транспортирует массу в направлении к задней торцевой стенке камеры. Затем червяк сбрасывает массу на быстроходную лопасть. Это приводит к значительной интенсификации процесса смешения. Готовая смесь, подаваемая лопастями, выгружается червяком через фильеру 4.

Для смешения и пластикации полимерных композиций широко применяются скоростные резиносмесители роторного типа (рис. 4.5).

Скоростной двухроторный резиносмеситель установлен на фундаментной плите 8. Корпус рабочей (смесительной) камеры 5 состоит из четырех частей – двух боковых и двух продольных. В рабочей камере вращаются навстречу друг другу два лопастных ротора 6.

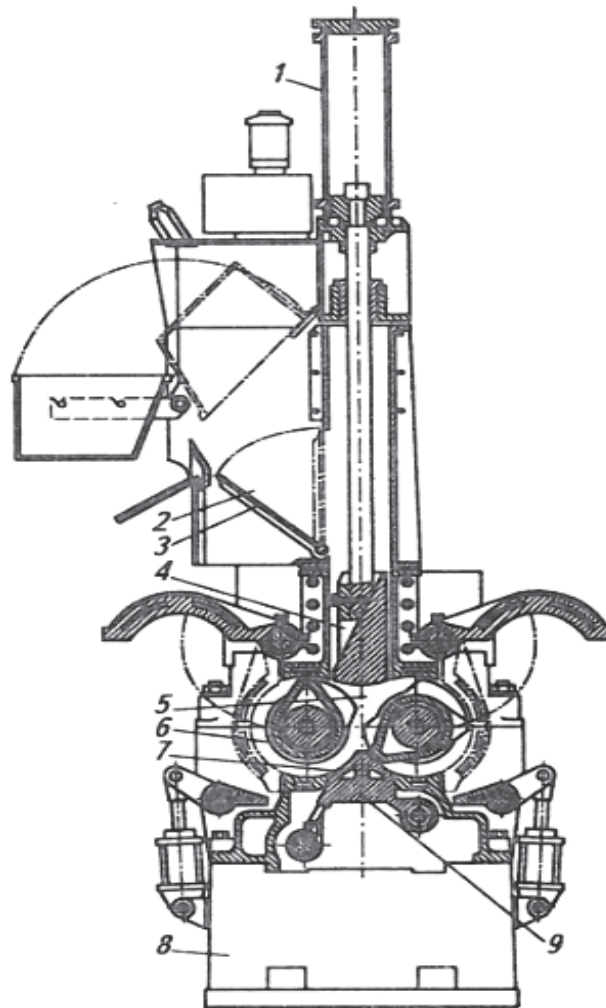


Рис. 4.5. Скоростной двухроторный резиносмеситель

На роторах установлены гребни, расположенные по двум винтовым линиям, каждая из которых начинается у шейки и идет навстречу другой по направлению к середине вала. Роторы вращаются с различной частотой, а их гребни имеют разную высоту. Таким образом, каждая точка поверхности гребня имеет свою окружную скорость. Отношение окружных скоростей роторов (фрикция) постоянно меняется. Таким же образом меняется величина зазоров между поверхностями гребней валков, а также между гребнями валков и стенкой смесительной камеры.

Боковые стенки рабочей камеры в местах прохода шейки валков имеют уплотняющие устройства, препятствующие выдавливанию смесей сыпучих материалов из рабочей камеры через кольцевой зазор между боковыми стенками и торцевыми поверхностями лопастей мешалки.

Над рабочей камерой резиносмесителя находится загрузочная воронка 2, закрываемая откидной крышкой 3. Внутри загрузочной воронки установлен подвижный верхний затвор 4, приводимый в действие сжатым воздухом, который поступает в цилиндр 1 верхнего затвора. Цилиндр установлен над загрузочной воронкой.

В нижней части смесительной камеры имеется разгрузочное отверстие, закрываемое нижним затвором 9. Он представляет собой опрокидывающуюся фигурную плиту, в верхней части которой имеется полый треугольный ползун 7. Этот ползун, прилегая к корпусу смесительной камеры, плотно закрывает разгрузочное отверстие. Конфигурация ползуна обеспечивает разделение смеси на два потока после выхода её из зазора между роторами. Для охлаждения в полой ползуне циркулирует вода. Во время работы смесителя стенки смесительной камеры, лопастные роторы, гребень нижнего затвора и верхний затвор охлаждаются водой.

В некоторых случаях для дополнительного охлаждения смесительной камеры внутрь нее вливают несколько литров холодной воды.

Для подачи охлаждающей воды внутрь валков и охлаждения продольных частей корпуса рабочей камеры, а также верхнего и нижнего затворов к смесителю подключают трубопроводы.

4.4. Роторы со шпорообразными лопастями

Роторы со шпорообразными лопастями применяются в многочисленных разновидностях смесителей для смешения сыпучих, увлажненных, вязких, пастообразных и густых химических продуктов. Они получили распространение как в конструкциях смесительных машин с периодическим циклом работы, так и в смесителях непрерывного действия.

Данные роторы для смесителей непрерывного действия в настоящее время не нормализованы, изготавливаются различными заводами, и имеется большое число разнообразных конструкций этих роторов.

В ряде конструкций смесительных машин непрерывного действия наряду с вращением лопастных роторов применяются дополнительные движения, например придается вращение смесительному корпусу или используются вибрационные устройства, которые обеспечивают более интенсивное выполнение того или иного технологического процесса.

На рис. 4.6 представлена комбинация двух шпорообразных роторов, выполняющих операции непрерывного смешения сыпучих и пастообразных химических продуктов.

Компоненты равномерно загружаются в смесительную камеру 7 через загрузочный фланец 3. При вращении роторов 9 смешиваемый материал подается винтовыми лопастями 4 вдоль линии центра смесителя, активно перемешивается лопастями 8 и выходит через разгрузочный люк 1.

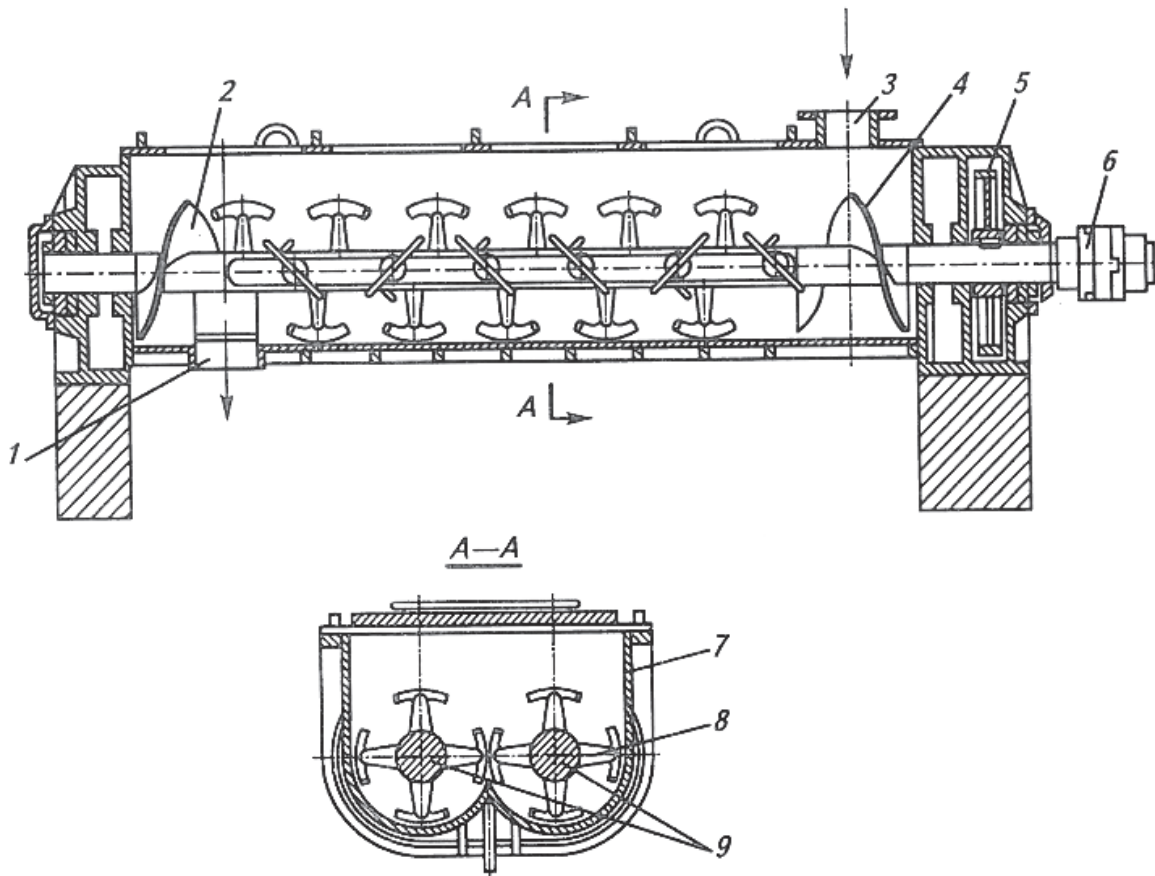


Рис. 4.6. Смеситель с двумя шпорообразными роторами

Винтовые лопасти 2 предотвращают проникновение продукта к стенке корпуса и способствуют более плавной его выгрузке. Привод смесителя осуществляется через редуктор и муфту 6. Вращение второму лопастному ротору передается от зубчатого колеса 5. В некоторых подобных конструкциях смесительный корпус устанавливается на вибрационных устройствах.

На рис. 4.7 представлен ротор со шпорообразными лопастями, используемый для смешения сыпучих материалов. Смешиваемые ингредиенты загружаются через патрубок 7 и шнеком 8, установленным на рабочем

роторе, транспортируются в смесительный корпус 5. Корпус, имеющий цилиндрическую форму, установлен в роликах 3 и опирается на приводные ролики 11, от которых получает вращение.

На рабочем роторе укреплены лопасти 6, имеющие V-образную форму, которые при быстром вращении разбрасывают материал, создавая вихревой поток, направленный к выгрузочному шнеку 2, далее материал направляется в разгрузочный люк 1.

Лопастной ротор приводится в движение от электродвигателя через соединительную муфту 10. От зубчатого колеса 9 получают вращение приводные ролики 11. Вся установка смонтирована на сварной раме 12. Чистка корпуса осуществляется через люки, закрываемые крышками 4.

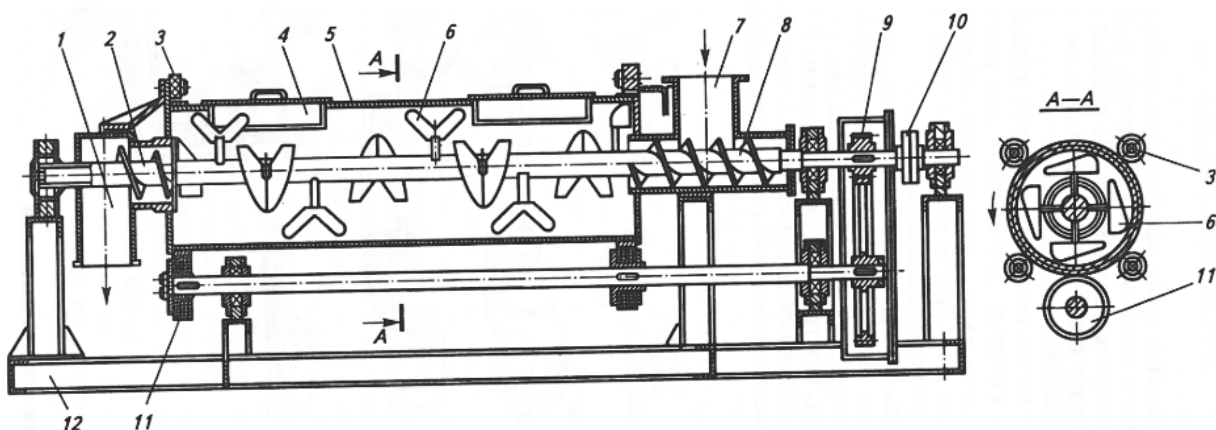


Рис. 4.7. Смеситель со шпорообразными лопастями для смешения сыпучих материалов

Интенсивность перемешивания продукта в подобных смесителях создается не только за счет быстрого вращения лопастей, но и за счет вращения цилиндрического корпуса. Подобные смесительные устройства позволяют производить качественное перемешивание сыпучих ингредиентов.

Важнейшими элементами лопастных роторов являются лопасти, различные формы которых для выполнения разнообразных технологических операций обсуждались выше.

На рис. 4.8 представлены три основные группы лопастных роторов: тяжелые, средние и легкие. В каждой из групп приведены наиболее характерные их разновидности.

Тяжелые роторы, имеющие формы, показанные на рис. 4.8, а – д, применяются чаще всего в резиносмесителях и пластомешателях. Попе-

речные сечения ротора, представленного на рис. 4.8, а, представляют собой эллипсы, заостренные в одну сторону. В осевом направлении гребень лопасти очерчен двумя участками винтовой линии с различными углами.

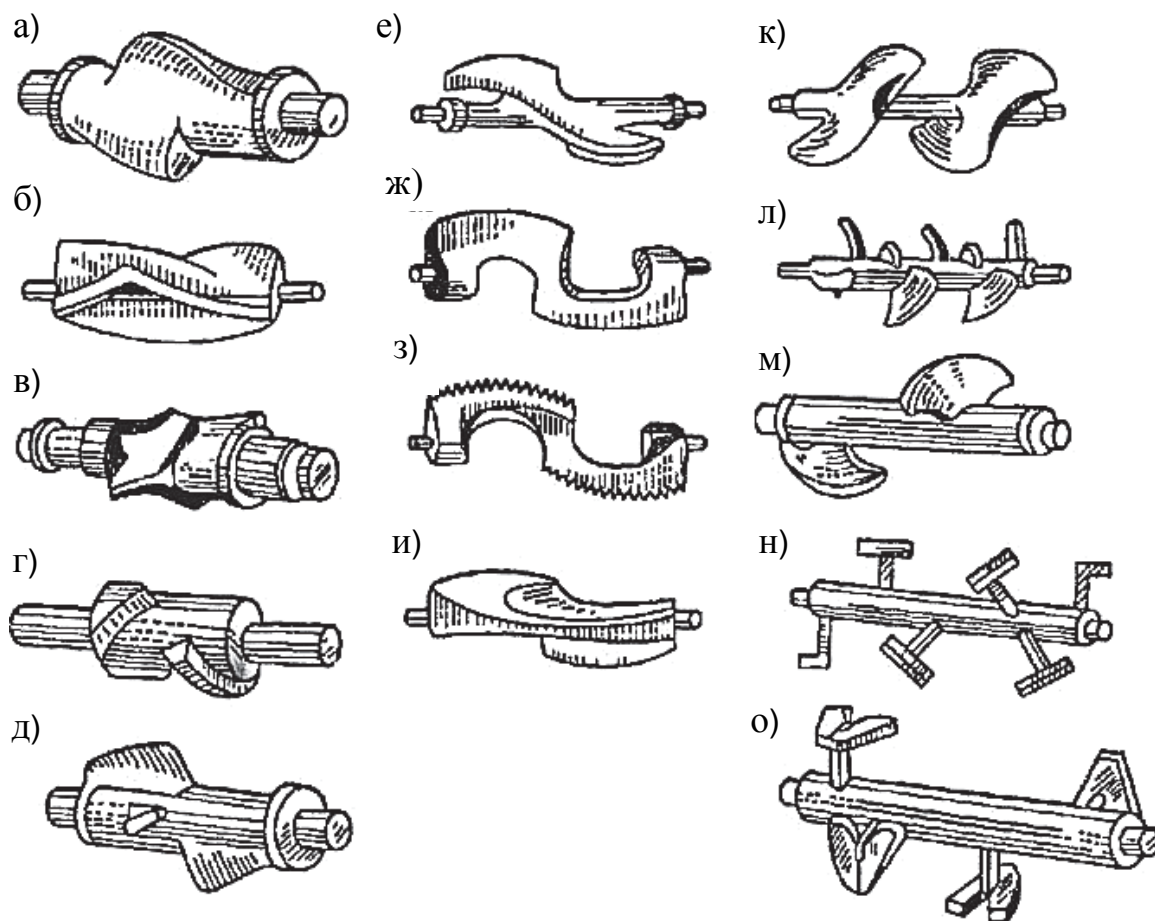


Рис. 4.8. Основные типы форм лопастей смесителей

Например, в лопастном роторе диаметром 554 мм резиносмесителей моделей РСВД 140-30 и РСВД С40-40 длинная ветвь винтовой линии имеет правое направление, длину 570 мм, шаг 2931 мм и угол подъема винтовой линии $59^{\circ}18'$. Короткая ветвь имеет левое направление, длину 340 мм, шаг 1749 мм и угол подъема винтовой линии $45^{\circ}8'$. В других типоразмерах подобных роторов сохранены соотношения, свойственные приведенным выше.

Роторы смесителей имеют различные угловые скорости, фрикция находится в пределах 1,2...1,3. Вследствие фрикции между роторами, а также благодаря эллиптической форме лопастей разные точки рабочей поверхности роторов имеют различные окружные скорости. Таким образом,

в разных сечениях смесительной камеры в каждый момент времени имеет место бесконечное число комбинаций фрикций, что обеспечивает высокое качество гомогенизации продукта.

Форма ротора, показанная на рис. 4.8, б, применяется в тех же резиносмесителях. Лопасти ротора выполнены в виде шеврона с углом при вершине в 120° , расположенным по центру рабочей части. На роторе имеется три лопасти, равномерно распределенные по окружности. Благодаря форме этих лопастей исключается осевое перемещение смеси. Четырехгранные лопасти (рис. 4.8, в) по принципу работы аналогичны шевронным.

Роторы, изображенные на рис. 4.8, г, д, имеют цилиндрические поверхности различных диаметров, на которых расположены клиновые лопасти в виде отдельных отрезков винтовой линии. Клиновые лопасти одного ротора входят во впадины другого ротора с зазором 4...5 мм. Смешение масс подобными лопастями происходит в основном в зазорах между выступами и впадинами лопастей, а не между роторами и стенками корпуса. Здесь создается фрикция за счет разности между скоростями цилиндрических поверхностей роторов и выступов.

Средние – зигзагообразные лопастные роторы (рис. 4.8, е – и) применяются для перемешивания масс умеренной вязкости.

Форма, изображенная на рис. 4.8, е, применяется для перемешивания высоковязких масс в небольших количествах. Z-образные лопасти (рис. 4.8, ж) являются универсальными. Они применяются для смешения друг с другом полутвердых масс или смешения их с жидкостями для получения однородных паст, мазей, клеев и т. п. Форма с зубчатыми гребнями (рис. 4.8, з) дает хорошие результаты при размельчении и смешении волокнистых материалов. Форма, показанная на рис. 4.8, и, чаще всего применяется при приготовлении густых клеев.

Легкие – шпорообразные лопасти (рис. 4.8, к – о) предназначены для смешения и увлажнения сыпучих материалов. Четырехкрыльчатые роторы (рис. 4.8, к) предназначены для перемешивания масс с целью их промывки или удаления из них газовых включений, а также для проведения процессов растворения полутвердых масс в жидкостях. Многокрыльчатые роторы (рис. 4.8, л) обеспечивают более интенсивный технологический процесс, чем роторы, изображенные на рис. 4.8, к. Двухкрыльчатые формы роторов (рис. 4.8, м) могут быть рекомендованы для перемешивания не-

больших количеств материалов. Многокрыльчатые роторы с Т-образными лопастями (рис. 4.8, *н*) применяются для смешения сыпучих материалов и увлажнения твердых малосжимаемых сыпучих материалов. Шпорообразные формы (рис. 4.8, *о*) обеспечивают качественное смешение сыпучих материалов, взятых в массовом соотношении до 1000:1.

4.5. Приводы смесителей

подавляющее большинство лопастных роторов, работающих в машине попарно и вращающихся в разные стороны, соединяются между собой парой цилиндрических зубчатых колес, обеспечивающих необходимую фрикцию.

Опоры роторов воспринимают большие распорные нагрузки, вызываемые работой лопастей в рабочей камере; кроме того, они нагружены дополнительно воздействием усилий в зубчатом зацеплении.

На рис. 4.9 приведены типовые схемы приводов лопастных валов.

Одностороннее расположение приводных зубчатых колес создает неравномерные условия нагружения опор (рис. 4.9, *а – в*), поэтому в тяжело нагруженных смесителях приводные зубчатые колеса располагаются с двух сторон от лопастей (рис. 4.9, *г*), что приводит к равномерной нагрузке обеих опор и создает благоприятные условия работы для лопастей.

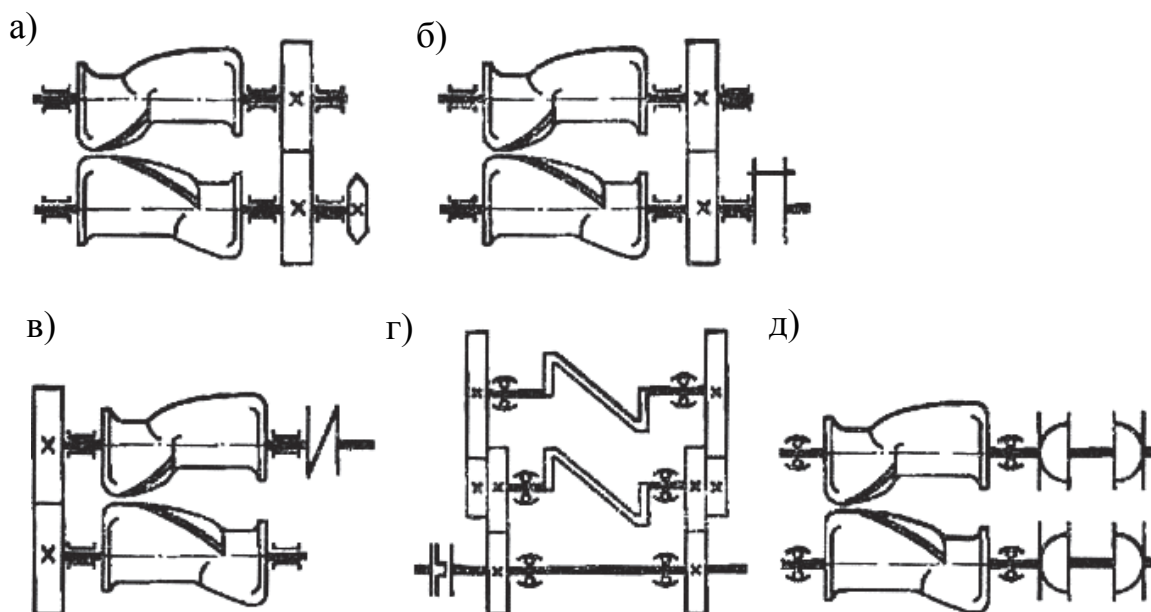


Рис. 4.9. Типовые схемы приводов лопастных валов

Лопастные роторы соединяются с приводными редукторами цепными передачами, жесткими, упругими и кулачково-дисковыми муфтами.

Цепные передачи (см. рис. 4.9, *а*) применяются на малолитражных лабораторных смесителях, где вопросы компактности имеют существенное значение.

Жесткие муфты (см. рис. 4.9, *б*) применяются в смесителях, где возможна точная установка выходного вала приводного редуктора относительно ротора смесителя.

Упругие муфты (см. рис. 4.9, *в*) обеспечивают плавный пуск, а кулачково-дисковые (см. рис. 4.9, *г*) позволяют компенсировать неточности установки, допущенные при монтаже узлов.

Шарнирные муфты (см. рис. 4.9, *д*) применяются в тяжело нагруженных смесителях; приводные зубчатые колеса, соединяющие валы, устанавливаются в отдельном блок-редукторе, и опоры лопастных роторов нагружены только распорными усилиями, действующими в рабочей камере.

Шарнирная муфта (рис. 4.10) состоит из двух массивных полумуфт *1* и *б*, одна из которых устанавливается на шейку блок-редуктора, а вторая – на шейку ротора.

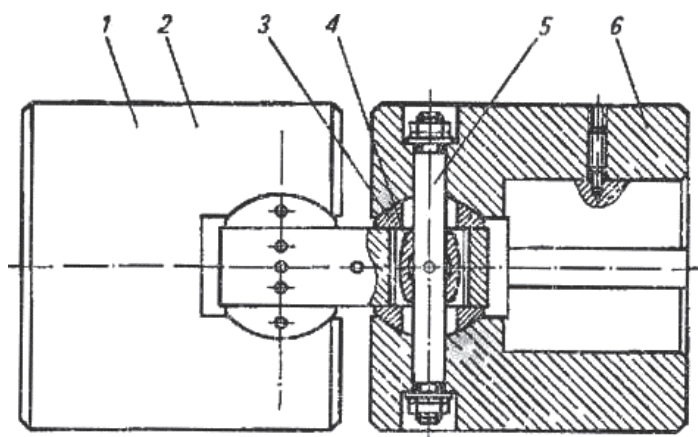


Рис. 4.10. Шарнирная муфта для привода лопастного вала резиносмесителя

В цилиндрических расточках полумуфт устанавливаются шарниры *3*, в которых, в свою очередь, установлены втулки *4* на шпильках *5*, соединенные плоской штангой *2*. Наличие короткой штанги объясняется тем, что в процессе работы роторы не раздвигаются и муфта предназначена только для передачи крутящего момента.

Смазка трущихся поверхностей муфты производится от шприц-масленок.

По отношению к рабочему месту оператора привод смесителей может быть левым и правым.

На рис. 4.11 показаны типовые кинематические схемы резиносмесителей с левым и с правым приводом лопастных роторов от блок-редуктора. Приводы лопастных роторов смесителей современных конструкций как отечественных моделей, так и зарубежных осуществляются несколькими электродвигателями, имеющими различные мощности и скорости на выходном валу.

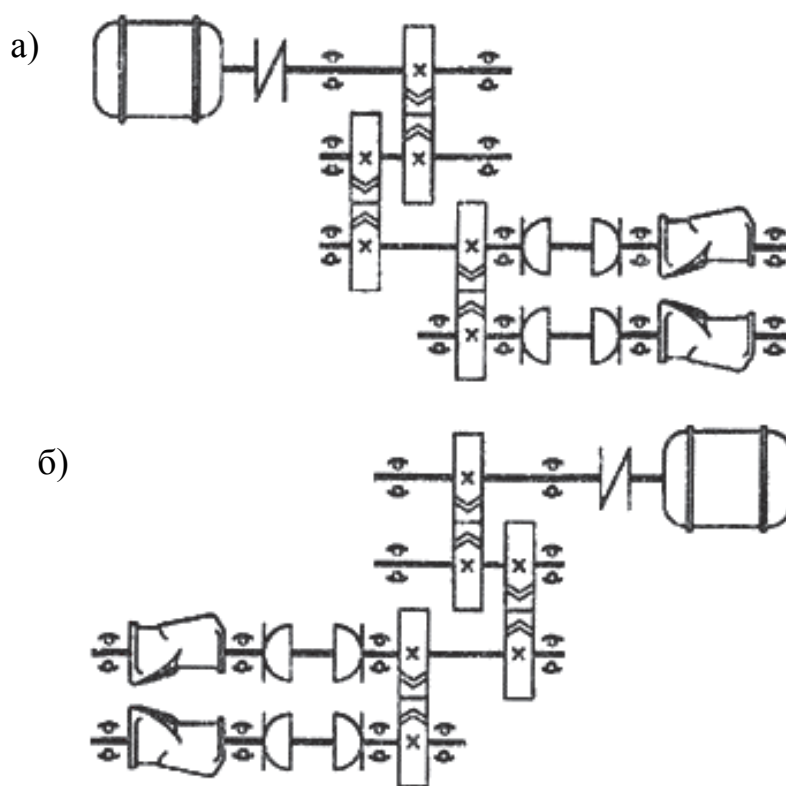


Рис. 4.11. Типовые кинематические схемы резиносмесителей:
а – с левым приводом; б – с правым приводом

5. ВАЛКОВЫЕ МАШИНЫ

5.1. Общие сведения. Классификация

Валковые машины подразделяются на вальцы и каландры. Вальцы предназначены для смешения, пластикации, перетирания и дробления в процессах переработки полимерных материалов.

На рис. 5.1 приведены возможные схемы обработки массы на вальцах. Материал подается на валки в виде отдельных кусков гранул, порошкообразных или волокнистых масс. При встречном вращении валков загружаемый материал вследствие трения и адгезии затягивается в зазор между валками и на выходе из него прилипает к одному из валков (в зависимости от их температуры и окружной скорости). Каждый валок должен иметь систему регулирования температуры его поверхности. Характер протекания процесса вальцевания зависит от величины зазора между валками. Зазор регулируется специальным механизмом.

Процессы гомогенизации, смешения и пластикации требуют многократного пропускания массы через зазор между валками и могут осуществляться периодически или непрерывно.

На вальцах периодического действия (рис. 5.1, *а*) после загрузки масса проходит неоднократно через зазор, прилипая к одному из валков, перемешивается и гомогенизируется вследствие неравенства окружных скоростей. После многократного пропускания через зазор (число циклов зависит от вида смеси и определяется экспериментально) масса срезается отдельными полосами вдоль образующей по длине валка.

На вальцах непрерывного действия (рис. 5.1, *б*) масса непрерывно подается на один из концов валков или в середину зазора, проходит между валками, совершая при этом вращательные и поступательные движения вдоль образующей валка (к противоположному концу или к обоим концам валков – в зависимости от места загрузки), и непрерывно срезается в виде узкой ленты.

При вальцевании срезание материала с валка и подача его в зазор имеют существенное значение, так как при этом нарушается замкнутость линий тока и обеспечивается перемещение материала в направлении горизонтальной оси валка.

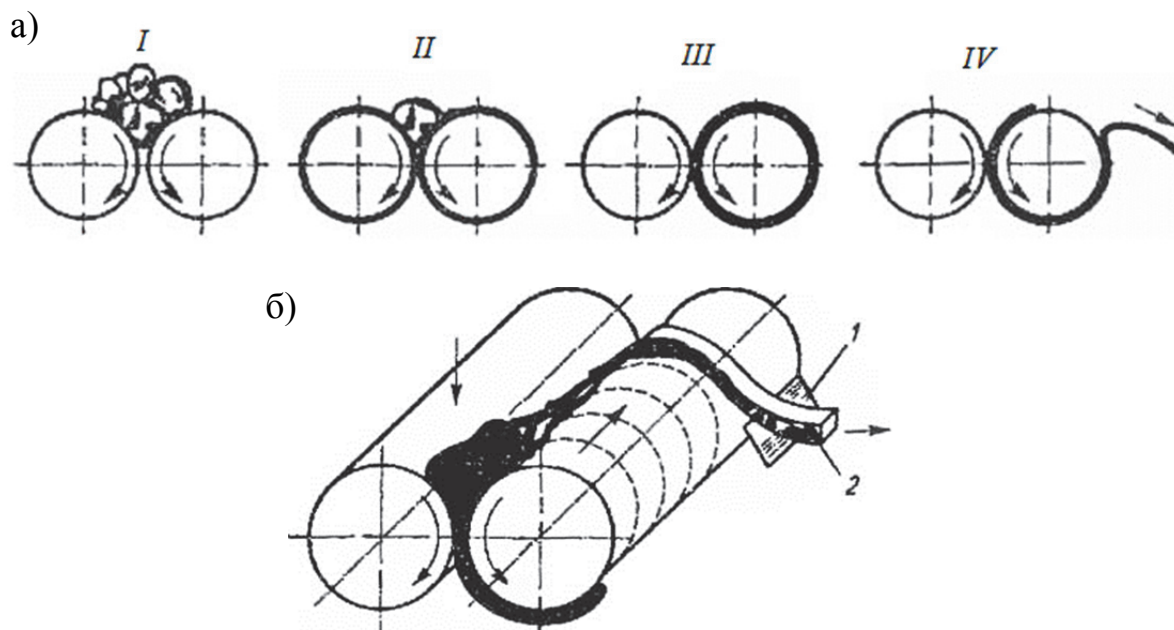


Рис. 5.1. Схемы обработки массы на вальцах

В зависимости от возникающих при многократных пропусканиях смеси через зазор напряжений, свойств материала и фрикции происходит упругая, пластическая деформация или разрушение материала.

В каландрах размягченный полимерный материал проходит через зазор между валками, оси которых обычно расположены в горизонтальной плоскости. При этом образуется бесконечная лента, толщину и ширину которой можно регулировать. На каландрах осуществляют следующие технологические процессы: листование, промазку ткани, изготовление профилированной ленты или полосы, тиснение поверхности материала, дублирование ткани или листов пластического материала и т. д.

Каландры могут иметь от двух до шести валков (рис. 5.2). Для дублирования и тиснения применяют преимущественно двухвалковые каландры, для глажения и промазки – трёхвалковые, для листования и выполнения универсальных технологических операций – трёх- и четырёхвалковые каландры.

В зависимости от назначения каландра валки могут иметь одинаковые или разные (фрикция до 1,35) окружные скорости. При этом обрабатываемый на каландре материал проходит через данный зазор между валками однократно (в отличие от вальцов).

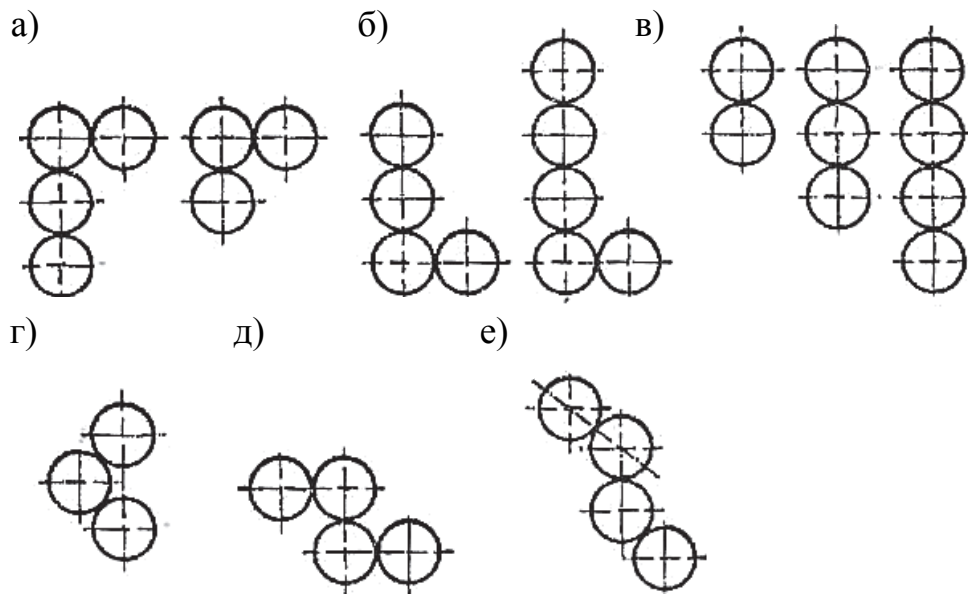


Рис. 5.2. Схемы расположения валков каландра:
 а – Г-образное; б – L-образное; в – вертикальное; г – треугольное;
 д – Z-образное; е – S-образное

По характеру изменения давления и зазора различают каландры: с постоянным зазором, с постоянным давлением, с переменными зазором и давлением.

При первом варианте исполнения положение осей валков и, следовательно, величина зазора фиксируются жестко и могут несколько меняться лишь вследствие деформации системы. При различной толщине втягиваемого в зазор материала давление валков на материал возрастает с увеличением степени обжатия. При втором и третьем вариантах исполнения ось одного из валков неподвижна, а ось другого имеет возможность поперечного перемещения за счет подвижных опор.

Для создания давления валка на материал применяют грузы, пружины, гидравлические устройства и т. п. В этих случаях для достижения статического равновесия зазор изменяется в процессе работы, т. е. когда силы реакции обрабатываемого материала, действующие на валки, не уравновешивают опорные реакции. Последние могут быть постоянны (например, при установке грузов или гидравлических цилиндров с жидкостью постоянного давления), в этом случае общее давление валков на материал не зависит от его начальной толщины при поступлении в зазор. Если опоры подвижного валка упругие (при установке пружин, пневматических цилин-

дров и т.п.), то с изменением толщины материала зазор между валками меняется, и давление валков на материал также не остается постоянным: при увеличении толщины материала зазор и давление возрастают, при уменьшении толщины – снижаются.

Для листования, профилирования, обмазки и обкладки необходимы каландры с постоянным зазором; для тиснения, дублирования и глажения – с переменным зазором и постоянным давлением; для обкладки и глажения можно пользоваться каландрами с переменными зазором и давлением.

Вальцы, каландры и установки, в которые входят вальцы и каландры, можно классифицировать по конструктивным и технологическим признакам.

Вальцы разделяют по следующим конструктивным признакам:

- по диаметру D и длине L валка – на вальцы легкого типа ($D = 300$ мм и $L = 800$ мм, $D = 500$ мм и $L = 800$ мм), среднего типа ($D = 550$ мм и $L = 1500$ мм), тяжелого типа ($D = 660$ мм и $L = 2100$ мм);
- по величине фрикции между передним и задним валками ($f = 1,08; 1,17; 1,27; 1,39; 2,55; 4,00$);
- по виду поверхности валка (гладкая или рифленая);
- по расположению валков (горизонтальные, вертикальные);
- по числу машин в агрегате (индивидуальные, сдвоенные, групповые);
- по способу регулирования температуры валков (с паровым или электрическим обогревом, водяным охлаждением).

По технологическим признакам вальцы для переработки пластических масс разделяют на следующие группы:

- смесительные;
- пластицирующие (для интенсивного перемешивания, гомогенизации и пластикации);
- краскотерочные;
- дробильные (для размола или расщепления некоторых видов сырья, полупродуктов или отходов);
- для переработки пресс-порошков.

Каландры классифицируют по следующим конструктивным признакам:

- по диаметру D и длине L валка – на каландры легкого типа ($D = 360$ мм и $L = 1100$ мм, $D = 500$ мм и $L = 1250$ мм), среднего типа ($D = 610$ мм и $L = 1800$ мм), тяжелого типа ($D = 950$ мм и $L = 2800$ мм);

- по наличию фрикции между валками (с фрикцией и без фрикции);
- по расположению валков (Г-образное, L-образное, вертикальное, треугольное, Z-образное, S-образное);
- по числу валков (двух-, трёх-, четырёх- и многовалковые);
- по способу регулирования зазора между валками (механический, автоматический);
- по виду обогрева валков (жидкие теплоносители, электрический обогрев).

По технологическим признакам каландры для переработки пластических масс разделяются:

- на листовальные (для изготовления листов или пленки, линолеума, искусственных кож и т. д.);
- промазочные (для промазки ткани);
- дублировочные (для покрытия бумаги и ткани пленкой из полимерных материалов).

Основными конструктивными параметрами валковых машин являются частота вращения, диаметр и длина валков. Рекомендуют следующий размерный ряд валков ($D \times L$) вальцов:

- 490×800, 550×800, 550×1500, 660×2100 мм для переднего валка;
- 610×800, 550×800, 550×1500, 600×2100 мм для заднего валка.

Для каландров рекомендованы следующие размеры валков: 500×1250, 710×1800, 950×2800 мм.

Каландры и вальцы для переработки пластмасс имеют ряд типовых узлов и механизмов: полые или сверленные по периферии валки, в каналы которых подается теплоноситель; подшипники валков (качения или скольжения); механизмы регулирования зазоров и компенсации прогиба валков; системы теплоснабжения валков, обеспечивающие их нагрев или охлаждение; системы смазки; ограничительные стрелы; ножи для обрезания кромок; предохранительные и аварийные устройства; станины и фундаментные плиты; приводы машин. Валковые машины комплектуют также **вспомогательными устройствами**, к которым относятся: питающие, перемешивающие и возвратные устройства; транспортеры; приемные, резательные, пудрильные устройства и пр. Валковые машины и установки на их основе снабжают также соответствующими контрольно-измерительными устройствами и системами тепловой и электрической автоматики.

5.2. Привод валцов и каландров

Привод валцов. Вращение валкам 1 и 2 валцов (рис. 5.3) передается от электродвигателя 8 через коническо-цилиндрический редуктор 9 и зубчатую пару 5, 10. С неподвижного заднего валка 1 вращение передается переднему смещаемому валку 2 через пару шестерен 4, 3. Фрикция валков (обусловленная различием их частот вращения и окружных скоростей) обеспечивается тем, что число зубьев этих шестерен различно (меньшее у шестерни 4); такие шестерни называются **фрикционными**.

Все валцы оснащаются колодочным или ленточным тормозом 7.

Привод валцов может быть *индивидуальным*, как это показано на рис. 5.3, или *групповым*. Например, ко второму концу выходного вала редуктора 6 могут быть присоединены вторые валцы. Существуют группы из трёх валцов с отдельным приводом.

В зависимости от расположения привода по отношению к рабочему месту валцы бывают с левым и правым приводом (на рис. 5.3 – правый привод).

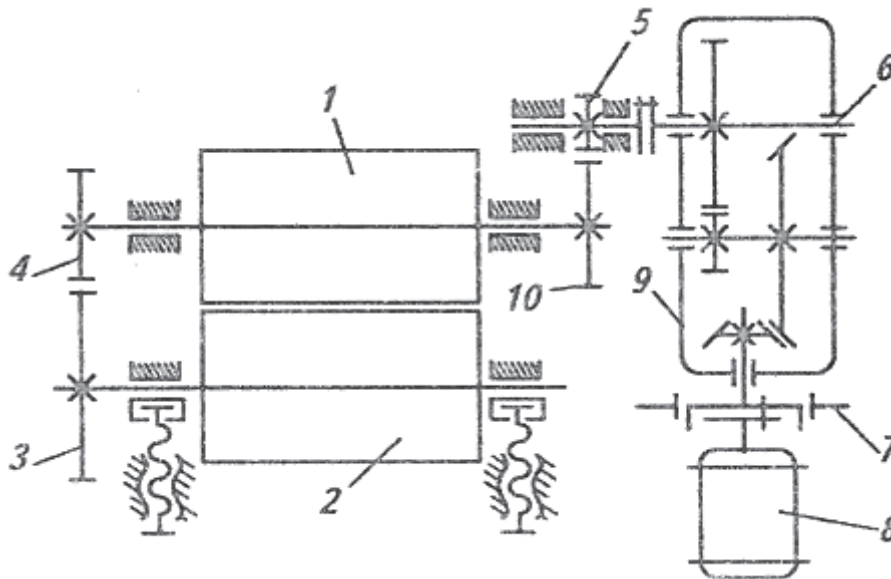


Рис. 5.3. Кинематическая схема привода валков валцов:

1, 2 – валки; 3, 4 и 5, 10 – зубчатые пары; 6 – выходной вал редуктора;
7 – тормоз; 8 – электродвигатель; 9 – редуктор

В начале цикла обработки материала на валцах (например, при подогреве материала при приготовлении резиновых смесей) потребляемая мощность в 1,6...2,0 раза превышает её среднее значение за цикл. Это сле-

дует учитывать при выборе типа электродвигателя. На вальцах чаще всего устанавливают асинхронные двигатели переменного тока.

Привод каландров. К приводу каландров предъявляются более разносторонние требования, чем к приводу вальцов. Во-первых, привод должен обеспечивать плавный вывод валков с малой частоты вращения (3...6 об/мин), при которой производится заправка ткани или корда и другие подсобные операции, связанные с пуском каландра в работу, на рабочую скорость. Во-вторых, он должен с высокой стабильностью поддерживать рабочую скорость валков, которая в зависимости от выполняемой операции может находиться в диапазоне от 50 до 120 м/мин.

В-третьих, привод должен обеспечивать требуемое значение коэффициента трения для каждой пары валков.

Первое, второе требования удовлетворяются при использовании электродвигателей постоянного тока с шунтовой обмоткой, допускающих регулирование частоты вращения в диапазоне 1:10. Эти двигатели могут использоваться также и для электродинамического торможения каландра при его останове, так что необходимость в тормозе в этом случае отпадает.

На третьем требовании нужно остановиться более подробно. Необходимое значение коэффициента трения для каждой пары валков определяется процессом, который реализуется в зазоре между этими валками. Если привод каландра не позволяет изменять коэффициенты трения у каждой пары валков, то на таких каландрах возможно выполнение ограниченного числа операций. Каландры с таким приводом, как правило, выпускают специализированными. Привод универсальных каландров должен обеспечивать возможность бесступенчатого и независимого регулирования коэффициента трения для каждой пары валков.

Ранние конструкции каландров имели привод, подобный приводу вальцов. Каждая пара валков имела свою пару фрикционных шестерен. Этот тип привода, даже если он оснащен двигателем постоянного тока, имеет следующие недостатки: постоянство коэффициента трения у каждой пары валков; действие радиальных сил на концах валков, несущих фрикционные шестерни; ограниченную возможность регулирования межвалкового зазора; невозможность использования приема перекоса валков.

В зацеплении фрикционных шестерен возникают силы, передающиеся на шейку валка и вносящие свой вклад в его прогиб. На шейку другого конца валка действуют другие по величине силы; несимметричность нагружения валка вызывает неконтролируемый перекося его в пределах зазоров соединений. Как несимметричный прогиб валка, так и перекося его искажают межвалковый зазор.

При увеличении зазора изменяется межцентровое расстояние фрикционной пары шестерен. Чтобы шестерни при этом не выходили из зацепления, их выполняют с большим модулем или корригированными. Изготовление корригированных колес более сложно; увеличение же модуля при сохранении неизменными диаметров колес ухудшает плавность их хода. Последний недостаток в значительной степени компенсируется тем, что зацепление выполняют косозубым, а чтобы при этом на валках не возникали осевые усилия, устанавливают шевронные пары шестерен.

Различные кинематические схемы привода валков, свободные от этого недостатка, приведены на рис. 5.4. В приводе, показанном на рис. 5.4, а, фрикционные шестерни размещены не на валках 1, а в корпусе редуктора 4. Каждому валку соответствует свой выходной вал 3 редуктора. Выходные валы соединены с валками шпинделями 5, имеющими по два шарнира Гука 2.

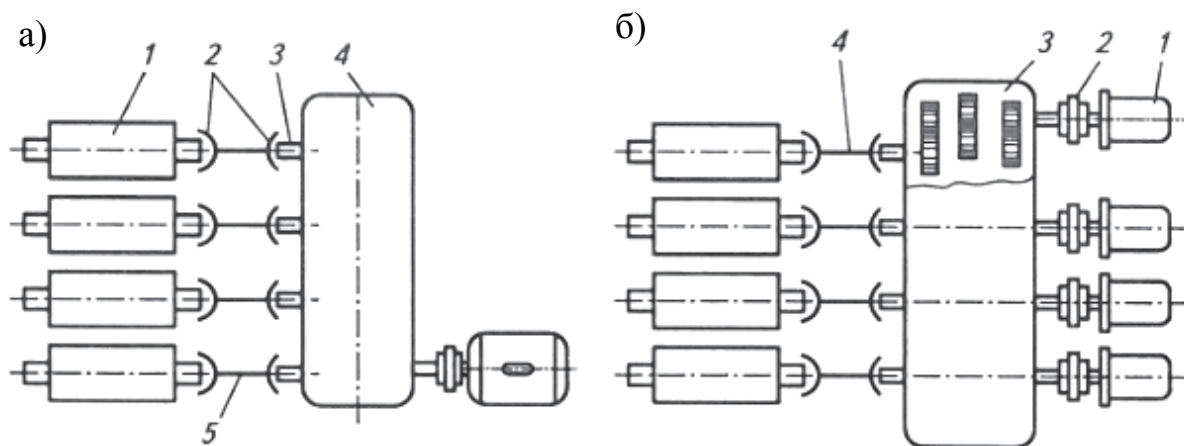


Рис. 5.4. Кинематические схемы привода

При этом типе привода валки не воспринимают силы, возникающие в зацеплении фрикционных шестерен; на них передается со шпинделя только крутящий момент. Шарниры шпинделей допускают значительные

радиальные (до 30 мм) и угловые (до 10°) смещения валков относительно выходных валов редуктора, что позволяет регулировать зазор и осуществлять перекося валков в требуемых по условиям технологии пределах. Однако один из упомянутых недостатков присущ и этому типу привода: постоянство коэффициентов трения.

Схема привода валков универсальных каландров показана на рис. 5.4, б. Каждый валок имеет независимый привод, включающий в себя электродвигатель 1, муфту 2, редуктор 3 и шпиндель 4. Все редукторы кинематически независимы друг от друга, но имеют общий корпус. Регулирование коэффициентов трения осуществляется изменением частоты вращения двигателей.

Конструкция шарнирного шпинделя привода валков показана на рис. 5.5. Левая муфта 1 надевается на конец валка, правая 4 – на выходной вал редуктора. В цилиндрической расточке каждой из полу муфт установлены шарниры.

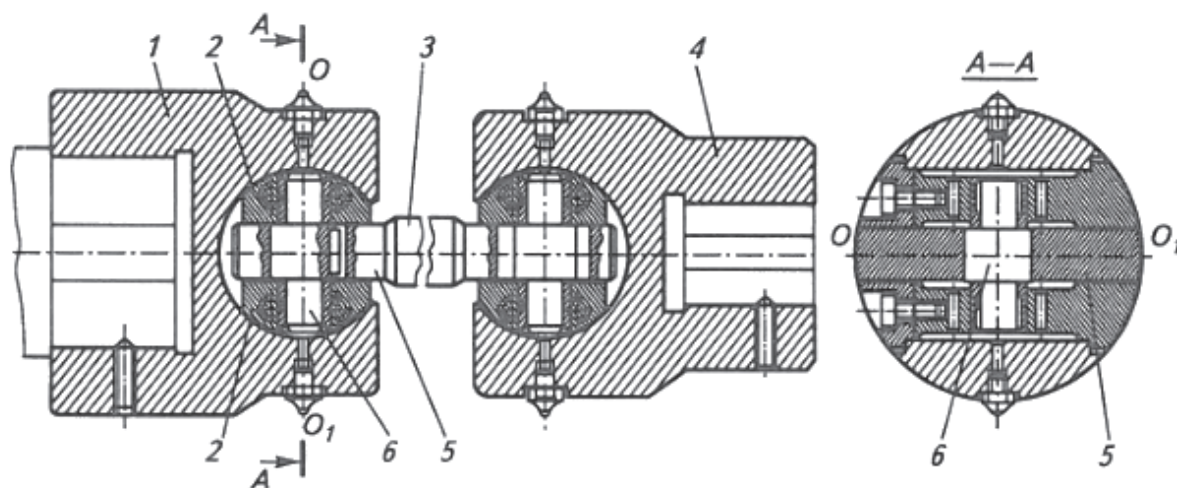


Рис. 5.5. Шарнирный шпиндель привода валка

Тело шпинделя 3 цилиндрическое, а концы его выполнены в виде плоских лопастей 5. В лопасти имеется отверстие, в которое вставлена ось 6.

На оба конца оси надеты вкладыши 2. Лопасть шпинделя может проворачиваться относительно вкладышей вокруг оси 6, а вкладыши в сборе с осью и шпинделем могут вращаться относительно муфты вокруг оси OO_1 . В правой лопасти отверстие для оси овальное, поэтому расстояние между осями шарниров может изменяться в пределах овальности отверстия.

6. ШНЕКОВЫЕ МАШИНЫ (ЭКСТРУДЕРЫ)

6.1. Конструкция и принцип работы одношнековых экструдеров

Основным оборудованием экструзионного процесса является червячный пресс или экструдер, оснащенный формующей головкой, в котором происходят непрерывная пластикация и гомогенизация полимера, получение однородного расплава и его выдавливание через формующую головку в виде профиля изделия.

Основными конструктивными элементами одношнекового экструдера (рис. 6.1) являются привод, состоящий из электродвигателя 14 и редуктора 1, связанного муфтой 2 со шнеком 7, бункера 4, подшипников 3, материального цилиндра 8 и формующего инструмента (головки) 11. Все конструктивные элементы экструдера смонтированы на станине 12.

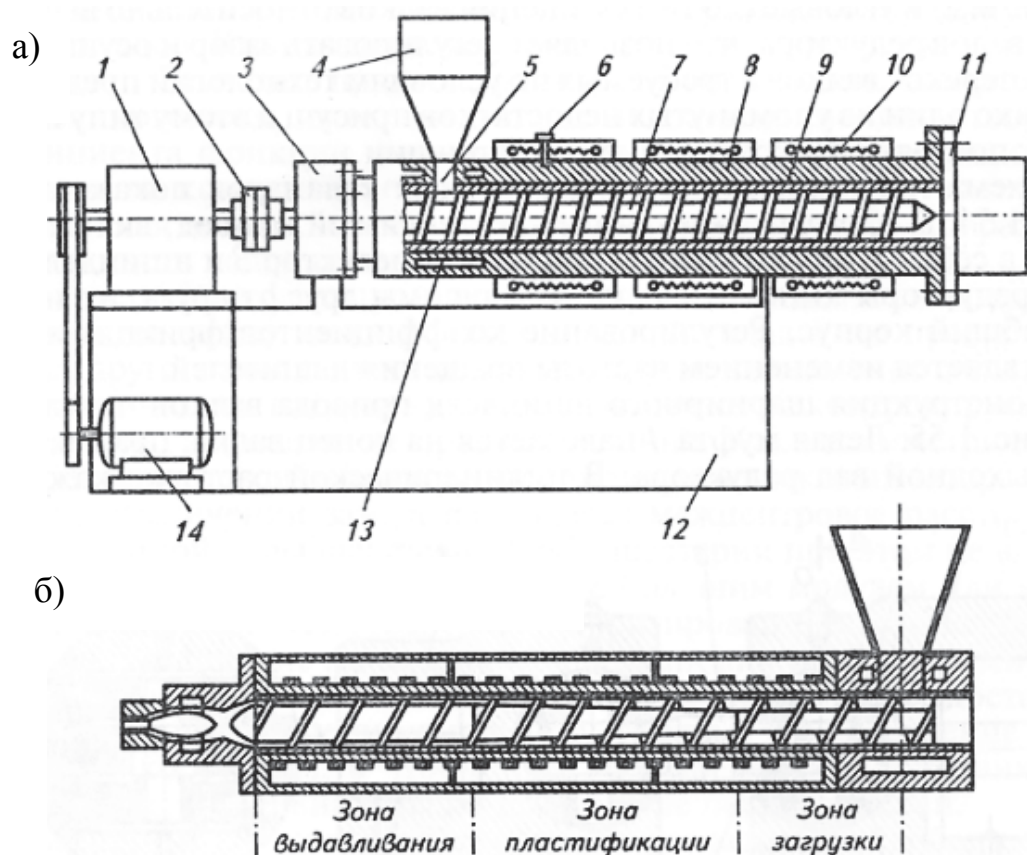


Рис. 6.1. Одношнековый экструдер:

- а – конструктивная схема одношнекового экструдера;
- б – типовая схема деления шнека на основные зоны

Перерабатываемый материал поступает из бункера 4 через загрузочную воронку 5 в канал шнека 7. Шнек вращается внутри корпуса 8, снабженного износостойкой гильзой 9. Нагрев цилиндра 8 до температуры переработки производится наружными электронагревателями 10. Температура корпуса замеряется и регулируется термодарами 6, расположенными в каждой зоне. Перерабатываемый материал при движении по винтовому каналу шнека нагревается, пластифицируется и в виде расплава продавливается через головку 11, в которой в отдельных случаях устанавливается пакет сеток. Во избежание прилипания полимера к шнеку в зоне воронки 5 материальный цилиндр 8 охлаждается холодной водой, подаваемой в рубашку 13.

Возникающее при работе одношнекового экструдера осевое (распорное) усилие от сопротивления формующего инструмента воспринимается упорным подшипником 3.

6.2. Способы соединения шнеков с приводными валами

Шнеки одношнековых экструдеров для переработки пластмасс выполняются сменными, а шнеки для переработки резиновых смесей – постоянными, одновременно выполняющими функции приводного вала. На посадочных поверхностях шнеков для переработки резиновых смесей устанавливаются приводные зубчатые колеса и подшипники, являющиеся опорами шнека.

Шнеки для переработки пластмасс соединяются различными способами с приводным валом (шпинделем). Эти способы зависят от размеров шнека и величины крутящего момента. Способы соединения шнеков с приводными валами показаны на рис. 6.2.

Соединения по рис. 6.2, а – г применяются для шнеков диаметром не более 45 мм. Шнек выполняется с длинным хвостовиком, пропускаемым через приводной вал и закрепляемым на нем с обратной стороны одним из указанных способов. Осевые усилия в соединениях, показанных на рис. 6.2, а, г, передаются на приводной вал через упорный заплечик шнека, упирающегося в передний торец приводного вала. На рис. 6.2, б, в представлены соединения, в которых осевые усилия воспринимаются шпинделями через торец шнека, упирающегося в поджимную гайку, навинченную на конец вала.

Передача крутящего момента на шнек производится с помощью шпонок (рис. 6.2, а, б, е) или шлицевого соединения (рис. 6.2, з).

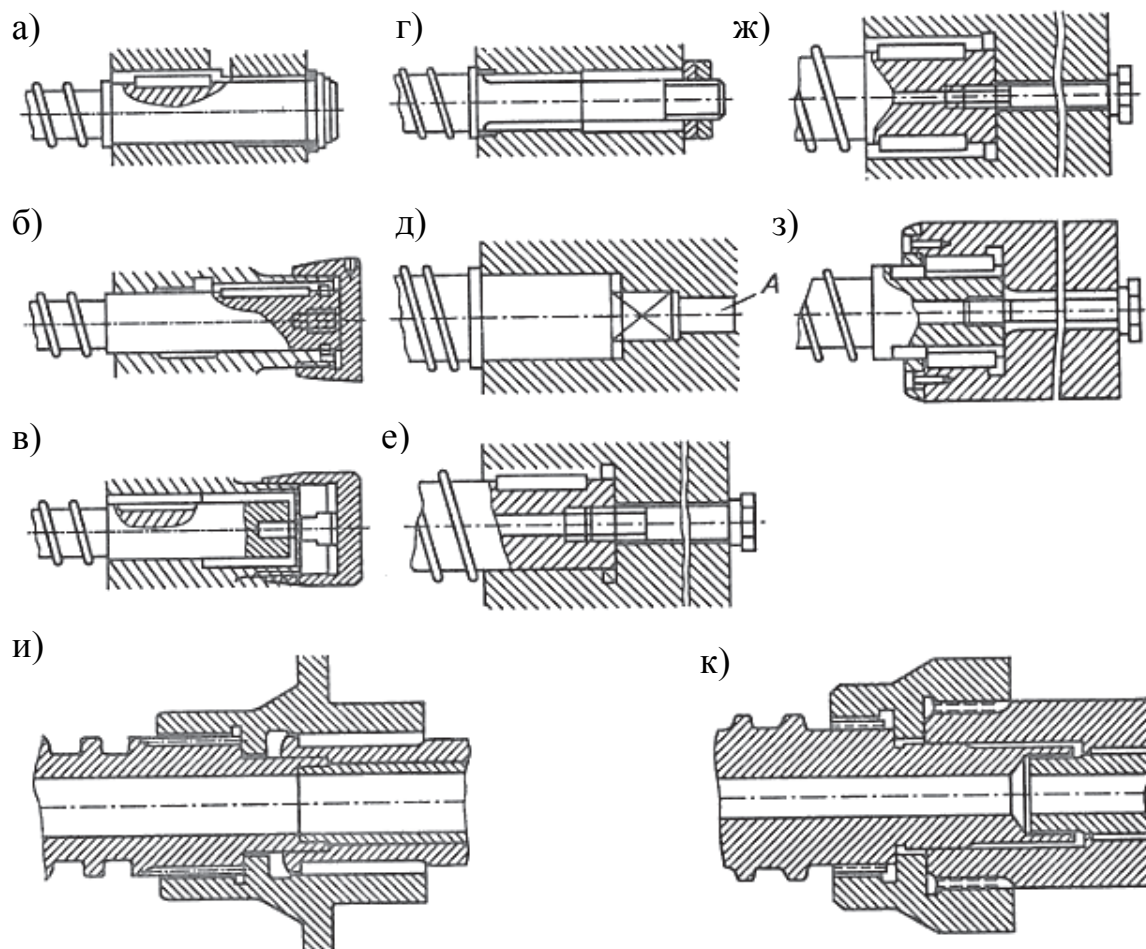


Рис. 6.2. Способы соединения шнека с приводным валом

К недостаткам указанных соединений следует отнести завышенную длину концевой части шнека, а также технологические трудности обработки шлицев в пустотелом валу при значительной его длине. Шлицевое соединение позволяет передать значительно больший крутящий момент, чем шпоночное, и обеспечивает более точное центрирование, чем соединения, показанные на рис. 6.2, а, б, е.

Соединение, представленное на рис. 6.2, д, применяется иногда для шнеков небольших диаметров. Концевая часть его имеет центрирующую цилиндрическую поверхность незначительной длины и оканчивается квадратным хвостовиком, который входит в соответствующий паз шпинделя, посредством чего осуществляется передача крутящего момента от привод-

ного вала к шнеку. Шнек в этом случае не охлаждается и не зафиксирован от осевых перемещений. Для съема шнека с правого торца приводного вала предусмотрено отверстие *A* (см. рис. 6.2, *д*). Осевое усилие передается на приводной вал упорным заплечиком шнека. К недостаткам подобного соединения относится трудность выполнения квадратного гнезда в приводном валу (шпинделе) под хвостовик. Соединение, показанное на рис. 6.2, *е*, является модификацией соединения по рис. 6.2, *а*. Разница заключается в том, что центрирующая концевая часть шнека выполнена укороченной. Закрепление шнека в осевом положении осуществляется специальным болтом, через внутреннее отверстие которого подводится и отводится охлаждающая жидкость. Передача крутящего момента ограничивается одной шпонкой, но может быть увеличена установкой двух шпонок на посадочной шейке шнека (рис. 6.2, *ж*, *з*).

Подобные соединения применяются на шнековых машинах для переработки резиновых смесей с диаметром шнека 380...450 мм. Осевые усилия в обоих соединениях передаются через торец шнека.

Соединение, представленное на рис. 6.2, *ж*, применяемое для шнеков диаметром более 90 мм, отличается от указанных выше наличием двух шпонок, закрепленных на приводном валу, что исключает необходимость устанавливать шпонки в каждом сменном шнеке.

Тяжелые шнеки диаметром 150 мм и выше устанавливаются и центрируются концевой цапфой в расточке шпинделя и соединяются с ним с помощью втулок с эвольвентными шлицами или зубчатых муфт (рис. 6.2 *и*, *к*).

В первом случае на приводном валу с помощью шпонок закреплена переходная втулка, на которой устанавливается упорный подшипник (рис. 6.2, *и*). С левого торца втулки выполнено шлицевое соединение, фиксирующее хвостовую часть шнека. Во втором случае применяется двухсторонняя зубчатая муфта (рис. 6.2, *к*). Осевые усилия в обоих вариантах передаются со шнека на упорный подшипник через заплечик шнека, упирающийся во втулку или зубчатую муфту.

6.3. Конструкция и принцип работы двухшнековых экструдеров

В середине 30-х годов XX века появился новый тип экструдера для переработки пластмасс – многошнековый, в конструкцию которого был заложен принципиально иной, чем в одношнековом, механизм продвижения перерабатываемого материала: принудительный. Несомненными преимуществами многошнековых экструдеров, наиболее распространенные из которых – двухшнековые, являются хороший захват исходного материала в зоне питания (загрузки) независимо от его агрегатного состояния и формы частиц материала, принудительное продвижение материала к формирующему инструменту и взаимная самоочистка шнеков.

Основными элементами двухшнекового экструдера (рис. 6.3) являются два шнека 2, вращающихся навстречу друг другу или в одну и ту же сторону в цилиндре.

Перерабатываемый материал загружается в экструдер 1 через загрузочное окно 6 (материальный бункер не показан). Расплав полимера, разогретый электронагревателями 3 с помощью шнеков 2 выдавливается через формирующий инструмент 4.

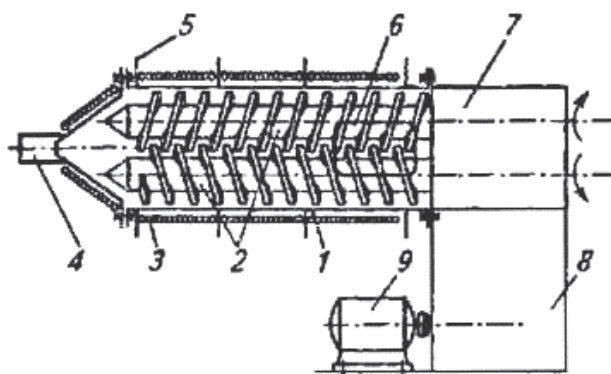


Рис. 6.3. Конструктивная схема двухшнекового экструдера

Температурный режим переработки контролируется термопарами 5. Привод шнеков состоит из электродвигателя 9 и редуктора 8, а возникающее распорное усилие воспринимается подшипниковым узлом 7, состоящим из последовательно расположенных двумя рядами упорных и радиальных подшипников качения. Большие осевые усилия, развиваемые двухшнековыми экструдерами, воспринимаются упорными подшипниками, диаметральные размеры которых ограничиваются межосевым расстоянием между шнеками. Упорные подшипники, смонтированные на двухшнековых машинах в пределах межосевых расстояний, могут иметь пониженную долговечность по сравнению с одношнековыми экструдерами. Поэтому для двухшнековых экстру-

дерев разрабатываются специальные конструкции упорных подшипников. В этих экструдерах точно так же, как и в одношнековых, применяются консольно закрепленные шнеки.

У двухшнековых экструдеров основными рабочими органами являются два шнека, которые могут вращаться как в одну, так и в разные стороны. При вращении шнеков в одну сторону направление винтовой нарезки обоих шнеков совпадает (рис. 6.4, б, г, е), в случае встречного вращения оно различно (рис. 6.4, а, в, д).

В зависимости от назначения и конструкции шпеки двухшнековых экструдеров могут не зацепляться друг с другом (рис. 6.4, а, б) или находиться в зацеплении (рис. 6.4, в – е). В первом случае двухшнековые экструдеры работают как два одношнековых экструдера, но при этом за счет массообмена между двумя шнеками будет обеспечено хорошее смешение исходных компонентов.

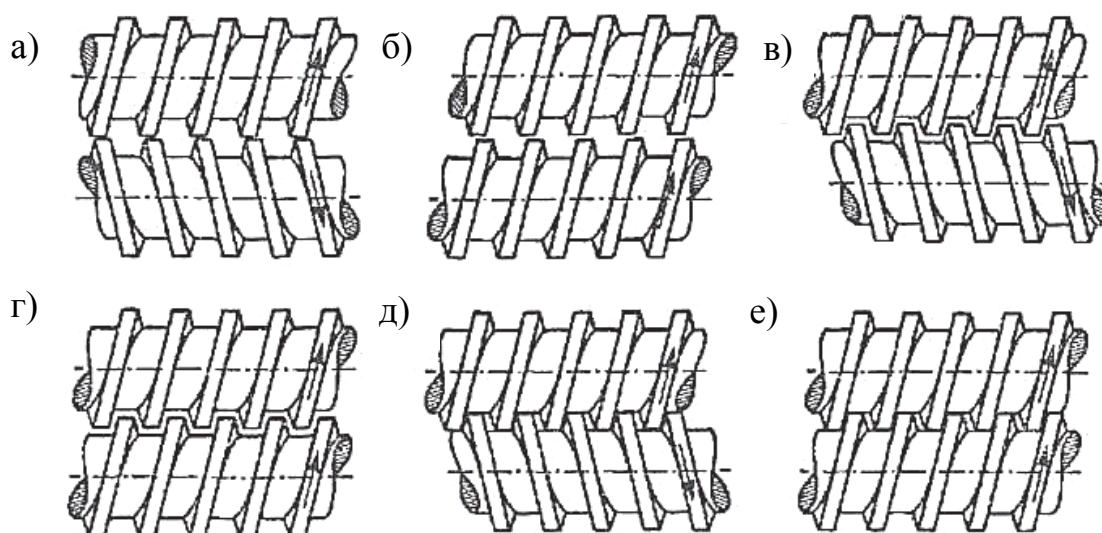


Рис. 6.4. Схемы сопряжения шнеков двухшнекового экструдера

В случае зацепляющихся шнеков для лучшего смешения предусматривается наличие зазоров зацепления (рис. 6.4, в, г), но при этом будет наблюдаться меньшая производительность экструдера за счет потоков утечек через боковые зазоры и радиальные зазоры зацепления.

Шнеки с плотным зацеплением (рис. 6.4, д, е) обеспечивают высокую производительность и хорошую самоочистку шнеков. Но при этом следует учесть, что изготовление шнеков с плотным зацеплением обходится дороже, чем два других варианта.

7. СЕПАРАТОРЫ

Сепараторами называют осадительные сверхцентрифуги (т.е. скоростные центрифуги), предназначенные для разделения стойких эмульсий и осветления весьма тонких низкоконцентрированных суспензий с частицами размерами от 0,1 мкм и более. Для этих целей используют и трубчатые сверхцентрифуги.

В отличие от трубчатых центрифуг сепараторы имеют сравнительно короткие барабаны, обычно цилиндрической формы, и несколько меньший фактор разделения для сепараторов $K_p = 6000 \dots 10\,000$, для трубчатых центрифуг $K_p = 12\,000 \dots 17\,000$.

Барабан сепаратора обычно установлен на верхний консольный конец вала и приводится во вращение от горизонтального вала привода, расположенного под барабаном, через повышающую червячную передачу, погруженную для охлаждения и уменьшения потерь мощности в масляную ванну. Эта компоновка сохранилась в основном со времени изобретения молочного таратора шведским инженером Лавалем.

Современные конструкции сепараторов имеют обычно гибкие валы, опирающиеся на упругие опоры. Вследствие этого их роторы являются самобалансирующимися, что позволяет увеличить частоту вращения и достичь более качественного разделения жидких смесей.

В зависимости от назначения различают сепараторы разделяющие и осветляющие. Первые предназначены для разделения стойких эмульсий и имеют устройства для отдельного отвода легкой и тяжелой жидкостей после сепарации. Вторые используют для осветления суспензий; накапливающийся в барабане осадок либо удаляют из сепаратора после остановки и разборки ротора (сепараторы с ручной выгрузкой), либо он автоматически выгружается на ходу (саморазгружающиеся сепараторы).

Как разделяющие, так и осветляющие сепараторы в зависимости от внутреннего устройства барабана можно подразделить на однокамерные, тарельчатые и многокамерные.

Барабан однокамерного *осветляющего сепаратора* (рис. 7.1) состоит из цилиндрического основания 7 с вогнутым днищем и внутренней ступицей, конической крышки 3 и загрузочной воронки 11. Для облегчения (ускорения) сборки и разборки барабана, производимых при периодиче-

ском удалении из него осадка, его детали скреплены резьбовым затяжным кольцом 5 (накидная гайка большого диаметра), соединяемым с наружной резьбой основания 7. Герметичность соединения обеспечивает уплотнительное кольцо 4. Ступица барабана установлена на верхний конический конец вала (веретена) сепаратора и закреплена глухой гайкой 6. Для обеспечения вращения поступающей в загрузочную воронку жидкости имеются ребра 10. Одинаковые частоты вращения жидкости и барабана обеспечиваются установленными в рабочей полости барабана тремя или четырьмя радиальными перегородками 9. Осветляемая жидкость (суспензия) поступает по трубе 1 в загрузочную воронку, а затем в нижнюю периферийную часть рабочей полости барабана.

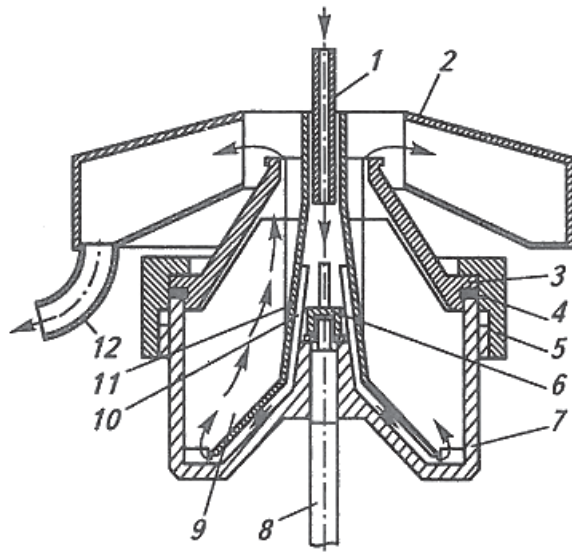


Рис. 7.1. Однокамерный осветляющий сепаратор

Герметичность соединения обеспечивает уплотнительное кольцо 4. Ступица барабана установлена на верхний конический конец вала (веретена) сепаратора и закреплена глухой гайкой 6. Для обеспечения вращения поступающей в загрузочную воронку жидкости имеются ребра 10. Одинаковые частоты вращения жидкости и барабана обеспечиваются установленными в рабочей полости барабана тремя или четырьмя радиальными перегородками 9. Осветляемая жидкость (суспензия) поступает по трубе 1 в загрузочную воронку, а затем в нижнюю периферийную часть рабочей полости барабана.

Заполнив полость до края отверстия в конической крышке, жидкость переливается через край отверстия (борт) и центробежными силами выбрасывается в сборник (ловушку) 2, откуда отводится самотеком через патрубок 12. Проходя примерно в осевом направлении, жидкость освобождается от взвешенных твердых частиц, оседающих под действием центробежных сил и образующих осадок на внутренней цилиндрической поверхности барабана (частично на крышке). После накопления значительного объема осадка (ухудшения чистоты фугата) подачу жидкости прекращают, сепаратор останавливают, барабан разбирают (не снимая с вала 8) и удаляют из него осадок (обычно промывкой).

Однокамерный *разделяющий сепаратор* (рис. 7.2) в основном аналогичен осветляющему; конструктивные отличия связаны с необходимостью раздельного отвода легкой и тяжелой жидкостей. Между крышкой барабана и загрузочной воронкой установлена воронкообразная перегородка, называемая обычно разделительной тарелкой и снабженная на наружной поверхности ребрами.

Между крышкой 3 и тарелкой 4 образуется кольцевой канал 6, соединяющий область у стенок барабана с горловиной крышки и служащий для отвода тяжелой жидкости.

Поступающая по трубе 1 в загрузочную воронку 5 эмульсия через канал между воронкой и дном основания поступает в среднюю часть сепарационного пространства в барабане. В результате сепарации в барабане образуются два слоя жидкости с поверхностью раздела *a* между ними. У стенки барабана располагается слой тяжелой жидкости, а ближе к оси вращения – слой легкой жидкости. По мере подачи эмульсии отсепарированная тяжелая жидкость из пристенного слоя поступает по кольцевому каналу 6 между крышкой 3 и разделительной тарелкой 4 в горловину крышки и далее в нижнюю полость сборника 2, откуда отводится через штуцер 7. Одновременно легкая жидкость из поверхностного слоя перетекает в горловину разделительной тарелки, из её боковых отверстий (снабженных втулками или соплами) поступает в верхнюю полость сборника и отводится через штуцер 8.

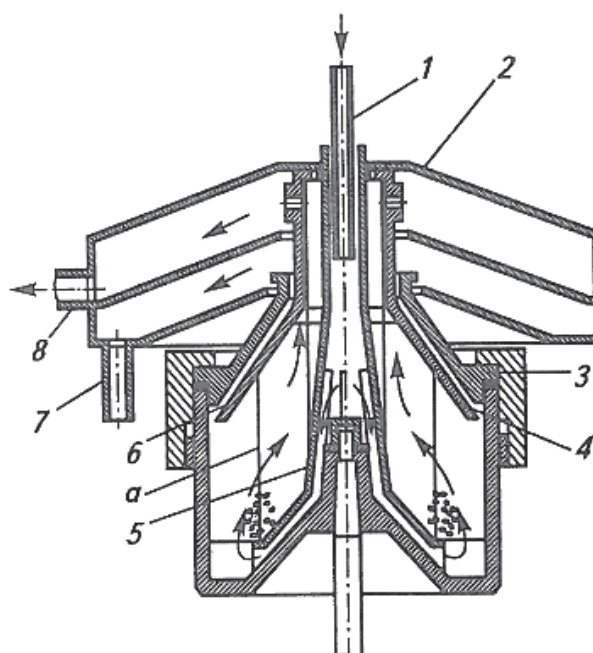


Рис. 7.2. Однокамерный разделяющий сепаратор

По мере подачи эмульсии отсепарированная тяжелая жидкость из пристенного слоя поступает по кольцевому каналу 6 между крышкой 3 и разделительной тарелкой 4 в горловину крышки и далее в нижнюю полость сборника 2, откуда отводится через штуцер 7. Одновременно легкая жидкость из поверхностного слоя перетекает в горловину разделительной тарелки, из её боковых отверстий (снабженных втулками или соплами) поступает в верхнюю полость сборника и отводится через штуцер 8. Радиусы штуцеров слива легкой и тяжелой жидкостей рассчитывают так же, как для центробежных экстракторов, с учетом того что поверхность раздела фаз *a* должна располагаться в средней части сепарационного пространства. Из разделяющего сепаратора отсепарированные жидкости отводятся непрерывно. Однако следует учитывать, что поступающая на разделение эмульсия содержит обычно кроме двух жидких фаз некоторое количество (часто очень малое) взвешенных твердых частиц, т.е. является, строго говоря, трехфазной системой. Твердая фаза постепенно оседает на стенке барабана, образуя осадок, поэтому разделяющие барабаны конструируют быстроразборными для облегчения периодической очистки их от осадка.

Конструктивно *тарельчатые сепараторы* (рис. 7.3) аналогичны однокамерным. Пакет тарелок *10* надет на горловину загрузочной воронки и зажат в осевом направлении между раструбом воронки и конической крышкой барабана (в осветляющих сепараторах) или разделительной тарелкой (в разделяющих сепараторах). Наружная поверхность горловины загрузочной воронки, называемой в этом случае тарелкодержателем *8*, имеет цилиндрическую форму с продольными пазами переменной глубины, служащими для отвода легкого компонента.

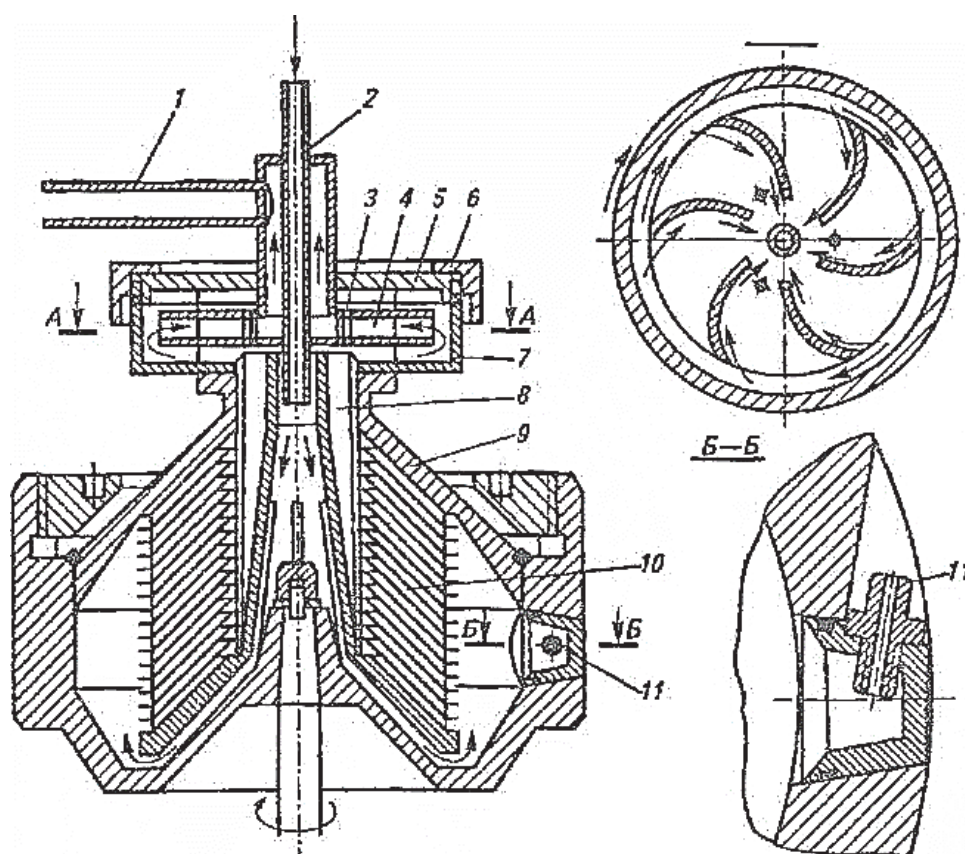


Рис. 7.3. Осветляющий тарельчатый сепаратор с напорным диском и выгрузкой шлама через сопла

Осветляемая жидкость (сuspension) из внутренней полости тарелкодержателя *8* подается к периферийной части пакета тарелок *10* и поступает (разделившись на параллельные потоки) в межтарельчатые зазоры. В зазорах происходит центробежное осаждение твердых частиц (более тяжелых, чем жидкость) на нижней поверхности тарелок. Осевшие частицы скользят по поверхности тарелок к периферии, двигаясь навстречу жидкости.

Для этого необходимо, чтобы угол между образующей тарелки и осью вращения барабана (обычно $35...45^\circ$) был больше угла трения частиц о тарелку. Достигнув края пакета тарелок, частицы поступают в пространство между пакетом и стенкой барабана, где накапливаются в виде осадка. Осветленная жидкость из межтарельчатых зазоров поступает по пазам тарелкодержателя в горловину крышки барабана.

Отсепарированная жидкость отводится напорным диском следующим образом. По пазам тарелкодержателя 8 из горловины крышки 9 барабана жидкость перетекает в напорную камеру 7, закрепленную на крышке. Внутри камеры 7, закрытой крышкой 5 с затяжным кольцом 6, помещен напорный диск 4. Он состоит из двух плоских дисков с центральными отверстиями и расположенных между дисками лопастей. Отверстие нижнего диска закрыто трубой 2 для подачи суспензии. Верхний диск имеет отверстие большего диаметра и снабжен патрубком. Для сообщения центральной части барабана с атмосферой напорный диск снабжен трубками 3. Поступающая в камеру 7 жидкость образует у её стенки кольцевой слой, вращающийся вместе с камерой. Из этого слоя жидкость направляется лопастями напорного диска в его центральную часть, поступает в патрубок диска и отводится через боковой штуцер 1.

Осветляющие сепараторы с ручной периодической выгрузкой осадка, требующей разборки барабана, предназначены для суспензий с малой концентрацией твердой фазы. Для более концентрированных суспензий разработаны сепараторы с выгрузкой осадка из шламового пространства на ходу. Осадок удаляется с некоторым количеством жидкости (в виде шлама) под действием центробежных сил либо непрерывно через постоянно открытые сопла 11, либо через периодически открываемые отверстия или щели (на рисунке не показаны). Тем не менее такие сепараторы также требуют периодической разборки и чистки, например при забивании шламовых сопел, накоплении отложений на тарелках или в других случаях, поэтому конструкция барабана должна обеспечивать возможность быстрой разборки и сборки.

8. СУШИЛКИ

Современная техника сушки чрезвычайно разнообразна. Стремление к интенсификации процессов сушки и повышению производительности единичного агрегата привело к созданию разнообразных конструкций сушильного оборудования.

Сушилки классифицируют:

- по принципу действия (периодические и непрерывные);
- по виду сушильного агента (воздушные, газовые, паровые);
- по величине давления (атмосферные, вакуумные);
- по направлению движения материала и сушильного агента для конвективных сушилок (противоточные, прямоточные, с перекрестным током);
- по состоянию высушиваемого слоя (неподвижный слой, движущийся, взвешенный, фонтанирующий);
- по способу подвода теплоты к высушиваемому материалу (кондуктивные (контактные), конвективные (воздушные и газовые), специальные).

8.1. Сушилки для контактной сушки

Сушилки для контактной сушки используют в тех случаях, когда непосредственный контакт высушиваемого материала и сушильного агента недопустим.

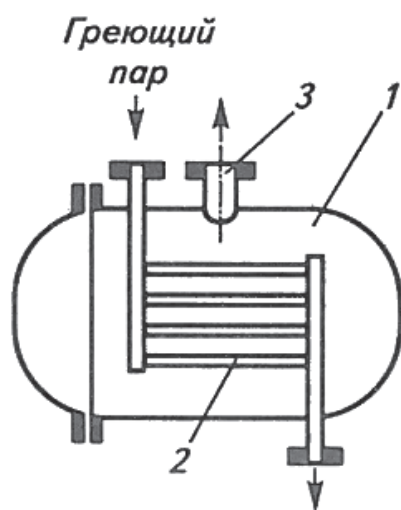


Рис. 8.1. Схема сушильного шкафа сушилки

Сушильный шкаф – сушилка периодического действия, представляющая собой горизонтальный цилиндрический корпус 1 с греющими плитами 2, на которых располагается высушиваемый материал (рис. 8.1). Шкафы могут работать как при атмосферном давлении, так и под вакуумом. Образовавшиеся пары отводятся через патрубок 3.

К недостаткам сушильных шкафов относятся невозможность проведения непрерывных процессов, наличие ручных

операций, малая производительность. Сушильные шкафы применяют в малотоннажных и штучных производствах для сушки разнородных материалов.

Гребковые сушилки (рис. 8.2) являются более сложными аппаратами. Обычно они имеют горизонтальный цилиндрический корпус *1*, внутри которого находится гребковая мешалка *6*. Аппарат снабжен загрузочным *4* и разгрузочным *3* люками, паровой рубашкой *2*.

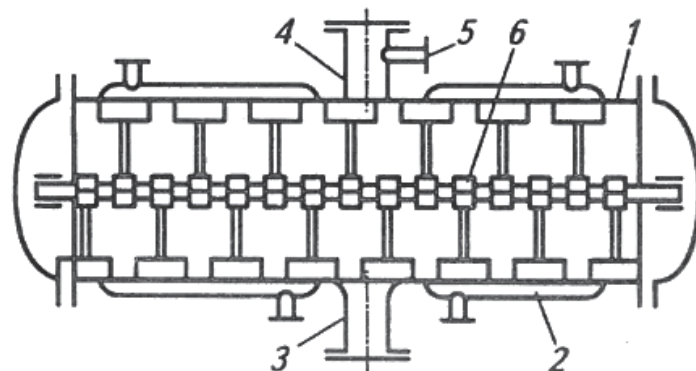


Рис. 8.2. Схема гребковой сушилки

Патрубок *5* служит для отвода паров, образующихся при сушке, либо в атмосферу, либо в вакуум-конденсационную систему. Высушиваемый материал заполняет обычно 0,2...0,3 общего объема аппарата. Гребки мешалки расположены под углом к оси аппарата и могут вращаться в различных направлениях. Благодаря этому материал перемещается слева направо либо справа налево. В процессе сушки, а также выгрузки высушенного материала из аппарата направление вращения мешалки периодически изменяют.

Вальцовые сушилки применяются для сушки пастообразных и липких материалов. Сушка в них осуществляется на наружных поверхностях пустотелых вращающихся барабанов, в которые подается теплоноситель (насыщенный водяной пар). Образовавшийся в результате сушки за один оборот барабана тонкий слой материала снимается ножом. Вальцовые сушилки могут быть как одно-, так и двухвальцовыми.

Все описанные конструкции могут работать под вакуумом, что имеет ряд существенных преимуществ перед сушкой при атмосферном давлении: независимость процесса от атмосферных условий; создание стерильности среды; сушка при низких температурах, что особенно важно для обработки

веществ, не выдерживающих высокотемпературного нагрева; быстрота сушки; меньший расход теплоты; меньшие габаритные размеры установки; возможность более полного улавливания ценных или вредных паров, выделяющихся при сушке; пожаробезопасность.

К недостаткам вакуум-сушки следует отнести более высокую стоимость сушильного агрегата, который включает помимо сушилки с нагревательными элементами конденсатор для конденсации отгоняющихся паров и вакуум-насос для создания разрежения в системе.

8.2. Конвективные (воздушные) сушилки

Конвективные (воздушные) сушилки, как правило, состоят из трех основных элементов: камеры, в которой происходит контакт и теплообмен высушиваемого материала с сушильным агентом, узлов подогрева и транспорта сушильного агента.

Камерные сушилки (рис. 8.3) являются простейшими сушилками периодического действия. Высушиваемый материал располагается в камерной сушилке на полках 2, смонтированных внутри камеры 1.

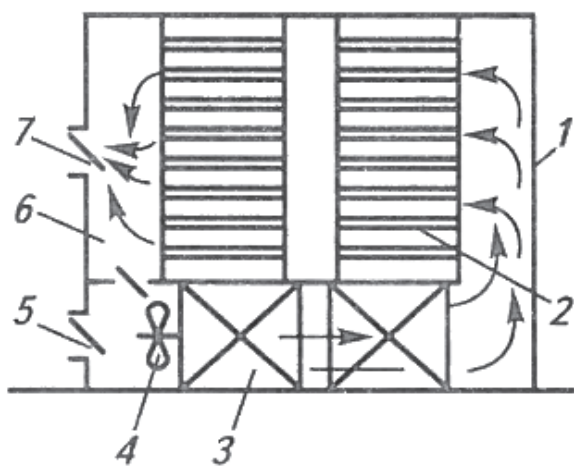


Рис. 8.3. Схема камерной сушилки

Сушильный агент (горячий воздух) перемещается между полками над слоем высушиваемого материала. Свежий воздух засасывается вентилятором 4 через окно 5 и подогревается в калориферах 3. Отработавший воздух отводится в атмосферу через окно 7 либо возвращается в калорифер через окно 6.

Камерные сушилки применяются главным образом при высушивании материалов, требующих длительной сушки или сложного индивидуального режима, а также для высушивания небольших партий материалов.

Ленточные сушилки (рис. 8.4), предназначенные для сушки сыпучих материалов, представляют собой камеру 2, в которой расположены одна или несколько движущихся бесконечных лент 3.

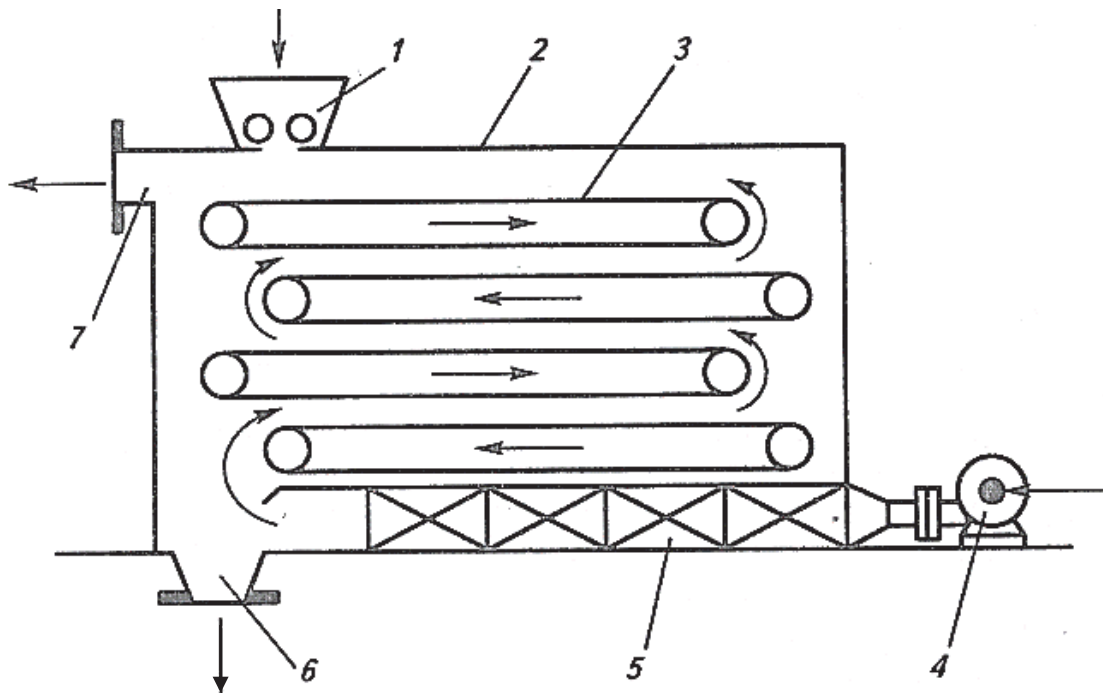


Рис. 8.4. Схема ленточной сушилки

Пересыпание материала с ленты на ленту способствует его перемешиванию, что ускоряет процесс сушки. Загрузка материала в сушилку осуществляется через бункер 1, выгрузка – через бункер 6. По отношению к материалу воздух, подаваемый вентилятором 4 и нагреваемый калорифером 5, может двигаться в этих сушилках прямотоком, противотоком, поперек движения ленты, а также направляться сквозь слой материала, лежащего на перфорированной ленте. Отвод отработавшего воздуха осуществляется через газопровод 7.

Барабанные сушилки (рис. 8.5) применяют для сушки различных сыпучих материалов. Основным узлом этих сушилок является полый барабан 5, установленный под небольшим углом α к горизонту. Барабан снабжен бандажами 3, каждый из которых катится по двум опорным роликам 10 и фиксируется упорными роликами 9. Барабан приводится во вращение с помощью насаженного на него зубчатого колеса 4. Влажный материал вводится в барабан через питатель 2.

При вращении барабана высушиваемый материал пересыпается и движется к приемному бункеру 8. За время пребывания материала в барабане происходит его высушивание при теплообмене с газообразным теплоносителем. Обычно теплоносителем являются топочные газы, которые поступают в барабан из топки 1.

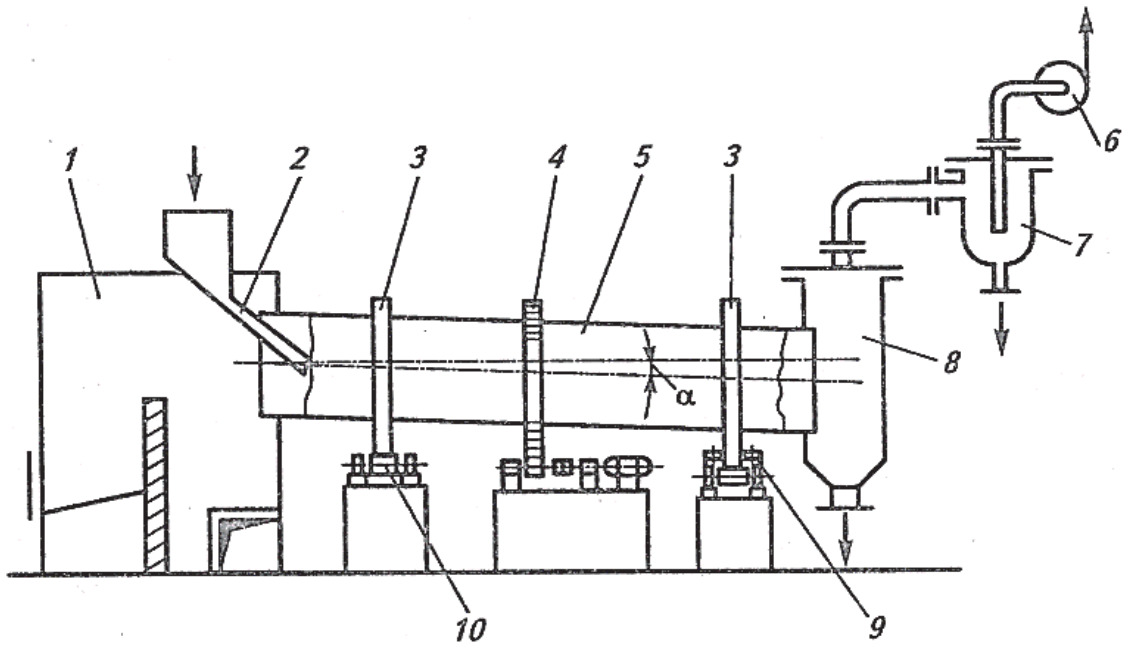


Рис. 8.5. Схема барабанной сушилки

Для равномерного распределения материала по поперечному сечению барабана и улучшения его взаимодействия с газом в барабане устанавливают распределительные насадки. Теплоноситель может двигаться по отношению к высушиваемому материалу как прямотоком, так и противотоком. Отработавшие газы отсасываются через циклон 7 вентилятором 6.

Распылительные сушилки (рис. 8.6) применяют для сушки жидких

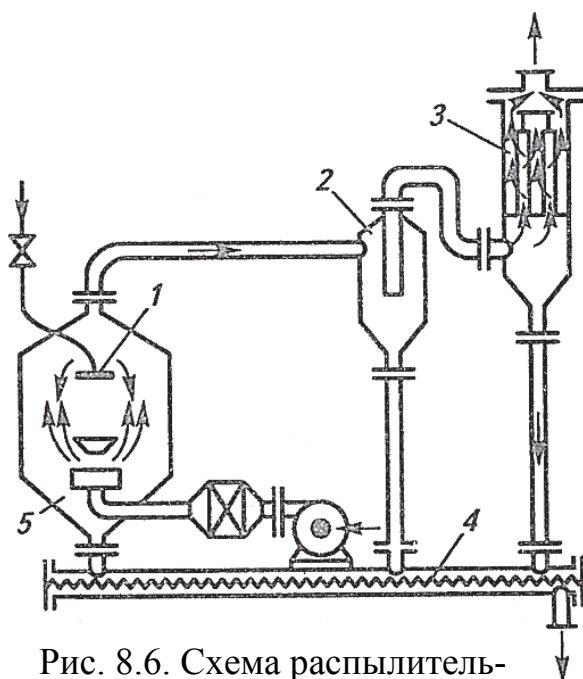


Рис. 8.6. Схема распылительной сушилки

пищевых продуктов, ферментов и растворов минеральных солей, красителей и т.д. Сушилки представляют собой камеру 5 (диаметром до 5 м и высотой до 8 м), в верхней части которой распыляется высушиваемый материал через форсунки 1 или с помощью центробежных распылителей.

Высушенный продукт в виде порошка шнеком 4 отводится из сушилки. Скорость сушки велика, время сушки снижается до сотых долей секунды. Скорость сушиль-

ного агента составляет около 0,4 м/с. Для улавливания унесенного им высушенного материала его пропускают через систему пылеуловителей: циклонный аппарат 2 и рукавный фильтр 3. Уловленный материал собирается шнеком 4. Поверхность контакта капель с воздухом достигает 300 м^2 на 1 дм^3 высушиваемого материала. С помощью распылительных сушилок получают продукт однородного монодисперсного состава.

Пневматические сушилки (рис. 8.7) применяют для интенсивного удаления свободной (поверхностной) влаги. Линейная скорость воздуха в сушильной трубе должна быть больше скорости уноса высушиваемых частиц. Практически принимают, что 1 кг воздуха перемещает по пневматической трубе от 8 до 20 кг высушиваемого материала.

Высушиваемый материал подается из бункера 4 дозатором 3 в вертикальную трубу 5, по которой движется воздух, подаваемый вентилятором 1 и нагреваемый калорифером 2. Отделение высушенного в трубе 5 материала от сушильного агента осуществляется в циклоне 7 и фильтре 6, выгрузка – через устройство 8.

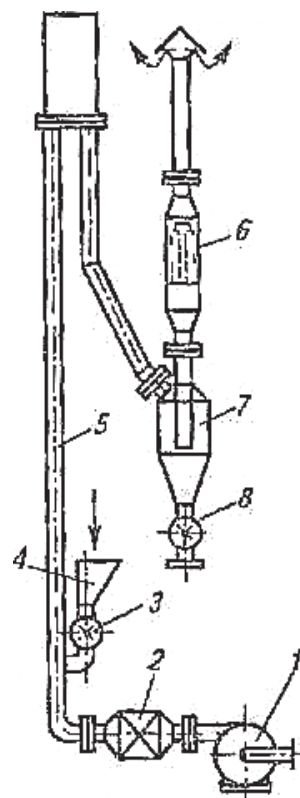


Рис. 8.7. Схема пневматической сушилки

9. ТАБЛЕТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Таблетированием (брикетированием) называется процесс прессования заготовок (таблеток) заданных размеров и массы. В промышленности пластмасс таблетирование применяют для подготовки терморезистивных пресс-материалов к дальнейшей переработке методом прессования. Наиболее распространена цилиндрическая форма таблеток с плоскими или фигурными основаниями. Иногда применяют таблетки, по конфигурации близкие к будущему изделию.

Кривошипные таблеточные машины с рычажным механизмом прессования относятся к прессам-автоматам с периодическим перемещением

объекта обработки. Как правило, эти машины выпускают в вертикальном исполнении с односторонним прессованием порошка без выдержки под давлением. Все механизмы, входящие в состав машин этого типа, можно разделить на три группы: привод и трансмиссионные механизмы; механизмы, выполняющие технологические операции (исполнительные механизмы); механизмы управления и регулирования. Ротационные таблеточные машины представляют собой многопозиционные прессы-автоматы, в которых все технологические операции осуществляются при непрерывном вращении ротора. По окружности ротора на равных расстояниях один от другого расположено несколько (от 4 до 50) комплектов пресс-инструмента. Каждый комплект состоит из матрицы и двух пуансонов, причем оси пуансонов параллельны оси вращения машины. Матрицы неподвижны по отношению к ротору. Пуансоны по мере вращения ротора совершают возвратно-поступательные движения, обеспечивающие необходимую последовательность операций таблетирования. Пуансоны перемещаются в вертикальном направлении с помощью неподвижных цилиндрических кулачков-копиров, по которым скользят (или катятся) головки ползунов с закрепленными в них пуансонами. Ротационные таблеточные машины могут быть однократного и многократного действия. В машинах однократного действия длительность технологического цикла получения таблетки соответствует времени одного оборота ротора. В машинах многократного действия за один оборот ротора в каждом комплекте инструмента осуществляется i технологических циклов (где i – кратность действия).

В ротационных таблеточных машинах обычно происходит двухстороннее прессование таблеток. В этом случае копиры верхних и нижних пуансонов на участке прессования имеют одинаковый профиль.

В зависимости от конструкции машины между копиром и пуансоном возникает трение скольжения или качения.

В первом случае головки пуансона во время холостого хода и в начале прессования скользят по профилю цилиндрического кулачка. Для уменьшения потерь на трение в этих машинах обычно в позиции прессования ставят прессующий ролик. Головка пуансона в позиции прессования набегаёт на прессующий ролик и обкатывает его. Таким образом, в момент наибольшего давления трение скольжения заменяется трением качения.

При другом конструктивном решении пуансоны крепятся в ползунах, имеющих ролики (рис. 9.1).

Осевое перемещение ползуна происходит за счет воздействия неподвижного цилиндрического кулачка (копира) на торцевой 2 или боковой 1 ролики, укрепленные на верхних и нижних пуансонах. При этом торцевой ролик обеспечивает прямой, а боковой ролик – обратный ход пуансона.

Таблеточные машины с прессующими роликами (рис. 9.2) отличаются более простой конструкцией ползунов, значительно меньшими габаритными размерами ротора и всей машины в целом. Однако в этих машинах больше потери на трение, а кулачки и головки пуансонов подвергаются большому износу.

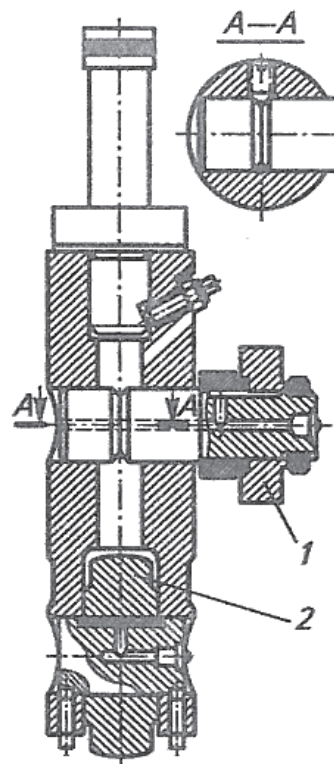


Рис. 9.1. Нижний ползун таблеточной машины

В ротационных таблеточных машинах широко применяют гидравлические, пневматические и плунжерные компенсаторы давления.

Гидравлические таблеточные машины представляют собой горизонтальные прессы-автоматы, в которых осуществляется двухстороннее прессование. Этим машинам присущи все достоинства гидравлических прессов: простота устройства, надежность конструкции, широкий диапазон регулирования параметров прессования, независимость регулирования давления прессования от высоты таблетки.

Гидравлические таблеточные машины могут развивать большие усилия прессования при относительно небольших габаритных размерах машин, поэтому они применимы для прессования крупных таблеток. В связи с тем, что усилие, необходимое для прессования порошкообразного материала, резко увеличивается в конце цикла, в гидравлических таблеточных машинах используют насосы низкого и высокого давлений или гидроприводы с мультипликатором давления.

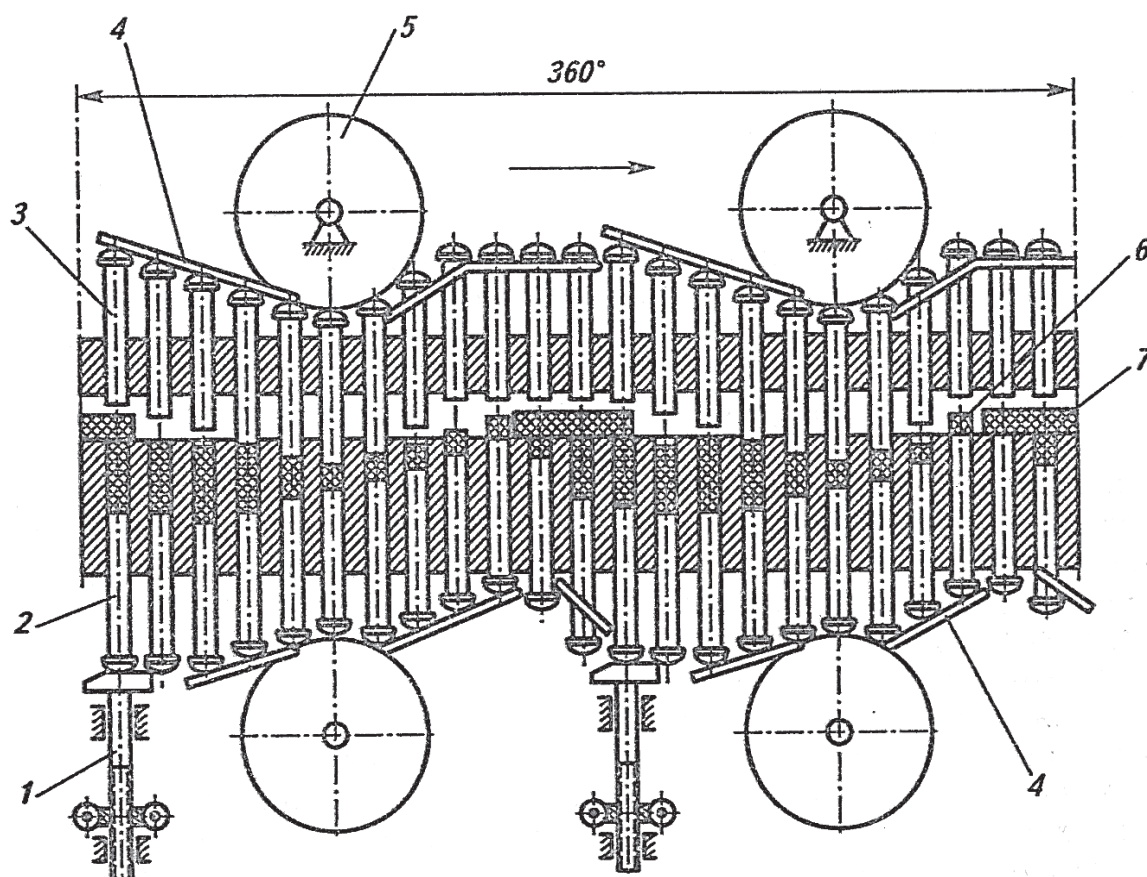


Рис. 9.2. Развернутая схема ротационной таблеточной машины двукратного действия с прессующими роликами:

- 1 – толкатель; 2 – нижний пуансон; 3 – верхний пуансон; 4 – копир;
5 – ролик; 6 – таблетка; 7 – таблетлируемый материал

Принципиальная пооперационная схема работы гидравлической таблеточной машины приведена на рис. 9.3.

Неподвижные плиты 1 и 7 связаны между собой колоннами (на рисунке не показаны). К плите 7 прикреплен неподвижный пуансон 5. Подвижный пуансон 6 закреплен на рабочем плунжере 8. Дифференциальный рабочий плунжер перемещается под действием рабочей жидкости, подаваемой в главную или возвратную полость гидравлического цилиндра 9. Бункер 2 и матрица 4 закреплены в подвижной плите 3, которая с помощью тяги 4, поршня 13 и вспомогательного гидравлического цилиндра 12 может перемещаться по колоннам. Во избежание перекоса плиты применяют два вспомогательных цилиндра, которые расположены по диагонали (на схеме условно показан один цилиндр). Работа машины складывается из последовательно повторяющихся операций.

Позиция *I* является исходной. В позиции *II* подвижная плита находится в крайнем правом положении, бункер останавливается над свободным пространством между пуансонами и происходит дозировка. Объем дозы материала, поступающего в матрицу, можно менять с помощью винта *10*, который ограничивает крайнее положение плунжера *8*. Выбранное положение фиксируется контргайкой *11*. Такое устройство требует надежного уплотнения винта от гидравлических утечек. Иногда регулирование дозы обеспечивается изменением длины неподвижного пуансона. В этом случае исключается возможность гидравлических утечек, однако возникает необходимость регулировки хода подвижной плиты *3*.

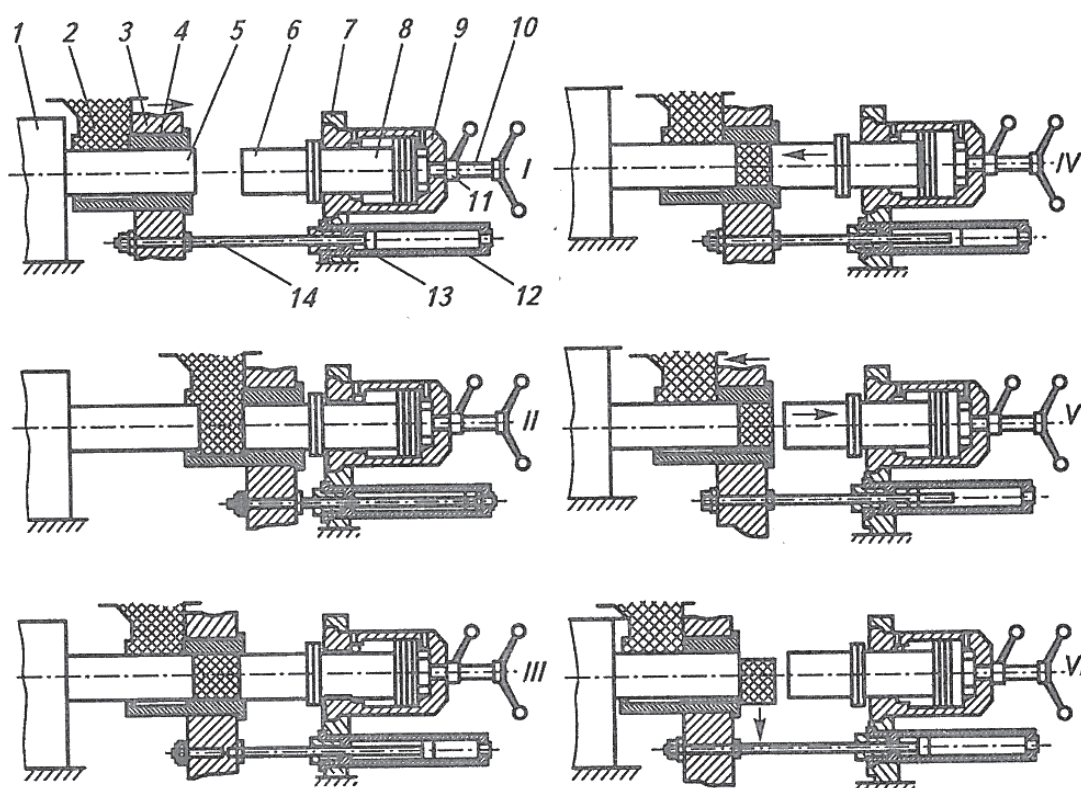


Рис. 9.3. Пооперационная схема работы гидравлической таблеточной машины

В позиции *III* подвижная плита перемещается в среднее положение, при этом доза пресс-порошка для изготовления таблетки оказывается в замкнутом пространстве между матрицей и двумя пуансонами.

В позиции *IV* происходит прессование таблетки. В этой позиции рабочая и возвратная полости вспомогательных цилиндров соединяются со сливной магистралью. Сила трения пресс-порошка о матрицу, возникаю-

щая при прессовании, несколько смещает матрицу влево, при этом достигается эффект двухстороннего прессования в плавающей матрице. После окончания прессования подвижный пуансон отходит от спрессованной таблетки, боковое давление таблетки на матрицу уменьшается и начинается выталкивание таблетки (позиция *V*).

Выталкивание осуществляется за счет перемещения подвижной плиты в крайнее левое положение. В позиции *VI* таблетка сбрасывается. Это происходит под действием ее собственного веса, однако машину обычно снабжают сбрасывателем, который может отделить таблетку от пуансона, если она удерживается на нем силами адгезии. Сброшенная таблетка попадает на лоток.

Для получения таблеток малых размеров используют многопуансонные таблеточные машины, обеспечивающие высокую штучную производительность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материал, изложенный в учебном пособии, является одной из составных частей курса «Оборудование нефтегазопереработки» и «Машины и аппараты химических производств». Овладение данным материалом расширит знания студентов по конструктивным особенностям машин химических и нефтеперерабатывающих производств. Дальнейшее изучение конструкций и принципа действия оборудования может осуществляться как в процессе учебных занятий, так и самостоятельно. Оно предполагает:

- 1) знакомство с устройством и принципом работы оборудования в процессе выполнения лабораторного практикума;
- 2) знакомство с конструктивным оформлением различных вариантов исполнения оборудования, а также их отдельных узлов по атласу конструкций;
- 3) знакомство с основами эксплуатации дробильно-размольного оборудования на промышленных предприятиях во время прохождения конструкторско-технологической и преддипломной практик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, С. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С. Е. Андреев, В. А. Петров, В. В. Зверевич. – М. : Недра, 1980. – 415 с.
2. Борщев, В. Я. Оборудование для измельчения материалов : учебно-справ. пособие / В. Я. Борщев, С. Н. Сазонов, Е. Н. Малыгин. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2004. – 75 с.
3. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 1995. – 400 с.
4. Жужиков, В. А. Фильтрование / В. А. Жужиков. – М. : Химия, 1980. – 399 с.
5. Ким, В. С. Конструирование и расчет механизмов и деталей машин химических и нефтеперерабатывающих производств / В. С. Ким, В. А. Самойлов, Н. Н. Торубаров. – М. : КолосС, 2007. – 440 с.
6. Клушанцев, Б. В. Дробилки. Конструкции, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – М. : Машиностроение, 1990. – 320 с.
7. Кольман-Иванов, Э. Э. Машины-автоматы и автоматические линии химических производств : учеб. пособие / Э. Э. Кольман-Иванов, Ю. И. Гусев. – М. : МГУИЭ, 2003. – 496 с.
8. Макаров, Ю. И. Аппараты для смешивания материалов / Ю. И. Макаров. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
9. Соколов, В. И. Современные промышленные центрифуги / В. И. Соколов. – М. : Машиностроение, 1967 – 523 с.
10. Файнерман, И. А. Расчет и конструирование шнековых центрифуг / И. А. Файнерман. – М. : Машиностроение, 1981. – 133 с.
11. Шкоропад, Д. Е. Центрифуги для химических производств / Д. Е. Шкоропад. – М. : Машиностроение, 1975. – 246 с.

Учебное издание

Сариллов Михаил Юрьевич
Коблуков Павел Евгеньевич

ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Научный редактор – кандидат технических наук,
доцент А. В. Ступин

Редактор Е. О. Колесникова

Подписано в печать 13.10.2015.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага 65 г/м². Ризограф RISO EZ 570E.
Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 4,65. Тираж 50 экз. Заказ 27384.

Редакционно-издательский отдел
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Полиграфическая лаборатория
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.