



профтех  
образование



В.К.ТУРЧЕНКО А.К.БАЙДАЛ

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

115729

*Рекомендовано  
Экспертным советом  
по профессиональному образованию  
Минобразования России  
в качестве учебника  
для учебных заведений  
начального профессионального образования*

115729

Національний державний  
університет  
Павлоградський інститут  
вугільна



МОСКВА "НЕДРА" 1995

ББК 33.4  
Т 89  
УДК 622.7

Рецензенты: проф., д-р техн. наук Ю.Н. Бочков (ИОТТ), А.Е. Молчанов (Компания "Росуголь")

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Уголь является одним из основных источников тепловой и электрической энергии, технологическим сырьем для получения кокса и разнообразных химических продуктов, а также специальных целей. Уголь, как в настоящее время, так и в перспективе, будет занимать видное место в экономике Российской Федерации, а угольная промышленность была и остается ведущей отраслью материального производства.

Добываемый уголь на шахтах и разрезах очень редко отвечает потребительским требованиям, поэтому его подвергают обогащению, т.е. обработке, в результате которой качество угля повышается. Обогащение угля осуществляется на углеобогатительных фабриках, которые являются высокомеханизированными предприятиями. Они оснащены большим числом сложных машин, механизмов и аппаратов, составляющих в совокупности непрерывные технологические линии. Все оборудование этих линий связано между собой определенными технологическими зависимостями и предназначено для переработки и транспортировки угля и продуктов обогащения в едином технологическом процессе.

В технике и технологии обогащения углей в последние годы достигнут существенный прогресс: внедряются новые, более эффективные методы обогащения и новое высокопроизводительное оборудование. На действующих углеобогатительных фабриках получили широкое распространение автоматические системы управления отдельными технологическими процессами.

Достигнутые успехи на отдельных фабриках в области автоматизации и управления производственными процессами позволяют переходить к внедрению ИАСУ ОФ (интегрированные автоматические системы управления обогатительными фабриками).

Техническая эксплуатация оборудования предусматривает: контроль и регулировку производительности машин, контроль и поддержание заданного технологического режима, контроль состояния смазочных систем, температуры трущихся частей механизмов и обмоток электродвигателей, предотвращение аварийных ситуаций, устранение возникающих неисправностей, пуск и останов оборудования. Кроме того, от обслуживающего персонала требуется четкое выполнение графиков чистки машин, непосредственное участие в ремонте оборудования, работающего в тяжелых условиях непрерывного производства.

Квалифицированное обслуживание оборудования углеобогатительных фабрик невозможно без знания технологии и техники, устройства, принципа действия и возможных неисправностей машин, механизмов и аппаратов, рассмотренных в настоящем учебнике. Он написан в соответствии с программой курса "Технология и оборудование обогащения полезных ископаемых" для подготовки квалифицированных рабочих по профессии (шифр 2-17) - обогатитель широкого профиля (угольной промышлен-

Т 2504000000 - 051 Без объявл.  
043(01) - 95

© В.К. Турченко, А.К. Байдил, 1995

ISBN 5-247-03405-8

ности). Поэтому в нем рассмотрены только технология и техника, применяемые на угольных обогатительных фабриках.

Главы 1, 2, 7, 8, 9, 12, 13 и 17 написаны канд. техн. н., доц. В.К. Турченко, главы 3, 4, 5, 6, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 19 и 20 - инженером А.К. Байдалом.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Института обогащения твердых горючих ископаемых (ИОТТ): канд. техн. наук В.И. Власихину, канд. техн. наук Г.М. Гурвичу, канд. техн. наук Г.А. Пиккат-Ордынскому за ценные замечания, способствующие улучшению книги.

## Глава 1

### КАЧЕСТВО ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ

#### 1.1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОСТАВ ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ

Уголь - это твердая, горючая горная порода растительного происхождения. Исходным материалом для образования углей были остатки древних растений, которые накапливались на дне озер и болот, образуя залежи торфа.

Со временем торфяные залежи покрывались более поздними отложениями. Под действием высоких давлений и температур в торфе развивались физико-химические процессы, приводящие к его уплотнению, увеличению содержания углерода и уменьшению содержания в нем кислорода и влаги. Таким образом торф превращался в бурый уголь.

Происходящий в природе процесс превращения растительного вещества в вещество с большим содержанием углерода называют *углефикацией*. При углефикации торф превращается в бурый уголь, последний в каменный, а затем - в антрацит. Процессы углефикации протекают в течение продолжительных периодов геологического развития Земли. На степень углефикации влияют геологические, физико-химические и биологические факторы.

Угли бурые, каменные и антрациты отличаются по составу и свойствам.

Бурый уголь - продукт низшей степени углефикации, получил название от характерного для него бурого цвета, имеет выход летучих веществ более 45%, отличается рыхлым сложением, матовым блеском, невысокой плотностью (от 1100 до 1500 кг/м<sup>3</sup>). Бурый уголь, находясь на воздухе, рассыпается в мелочь, характеризуется высоким содержанием *пластовой влаги* (от 15 до 35%), т.е. влаги угля в его естественном залегании.

Рабочее топливо с теплотой сгорания от 7,53 до 24,0 МДж/кг используется главным образом для энергетики.

Каменный уголь - уголь средней степени углефикации, характеризующийся спекаемостью, имеет черный цвет (от матового до блестящего, выход летучих веществ от 8 до 45%, плотность от 1250 до 1500 кг/м<sup>3</sup>). Теплота сгорания рабочего топлива составляет от 24 до 26,37 МДж/кг. Каменный уголь используется для технологических и энергетических целей.

Антрацит - уголь высшей степени углефикации, характеризуется большой плотностью, механической прочностью и электропроводностью. Имеет черную со стекловидным блеском поверхность, малый выход летучих веществ до 8%. Теплота сгорания рабочего топлива составляет от 24,9 до 25,9 МДж/кг. Он является весьма ценным топливом для коммунально-бытовых нужд и населения, а также специальных целей.

Состав органической массы углей, %

Уголь	Углерод	Водород	Кислород* + азот	Сера и прочие примеси
Бурый	57-75	5-6	25,0	0,5
Каменный	75-92	4,5-5,5	9,0	1,0
Антрацит	92-97	2-3	2,5	Следы

\* Средние величины

Все угли состоят из органического вещества, минеральных примесей и воды. Органическая масса состоит из соединений с различным соотношением углерода, водорода, кислорода, азота и серы (табл. 1.1).

Как видно из данных табл. 1.1, угли отличаются прежде всего по содержанию углерода, которого в антраците почти на 40% больше, чем в буром угле. Каменные угли занимают промежуточное положение.

Характерной особенностью *углефикации* является закономерное изменение органической массы: постепенное увеличение углерода при одновременном уменьшении водорода и кислорода.

Углерод представляет самую существенную часть ископаемых углей как по содержанию, так и по его значению при определении ценности и пригодности угля. Углерод входит в состав угля не в свободном состоянии, а в виде различных соединений.

**Водород** - второй по значимости после углерода элемент органической массы угля. Как и углерод, он находится в угле в виде различных соединений. При термической переработке угля водород играет такую же важную роль, как и углерод. Как видно из табл. 1.1, водорода в топливе содержится меньше, чем углерода. Однако для характеристики углей наличие водорода весьма важно. Так, например, антрациты имеют меньшую телоту сгорания, чем каменные угли, за счет меньшего содержания в них водорода (водород имеет теплоту сгорания значительно выше, чем углерод).

**Азот** является балластной составляющей угля, применяемого как топливо. При горении угля азот выделяется из него в свободном состоянии с дымовыми газами, не выделяя никакого тепла. Однако при коксовании углей содержащийся в них азот дает ряд ценных соединений, и в первую очередь аммиак.

**Кислород** при горении угля не выделяет тепло и является балластной составляющей углей, используемых как для энергетических целей, так и для коксования.

**Сера** существенно снижает качество угля как топлива и как сырья.

К минеральным примесям относятся: глина, песчаники, колчедан, сульфаты и др. Минеральные примеси при сжигании образуют золу, которая состоит из оставшейся после сгорания угля минеральной примеси и сульфатной серы. Влага при сгорании угля испаряется.

Таким образом уголь состоит из горючей массы и негорючей - балласта, состоящего из золы и влаги.

## 1.2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИСКОПАЕМЫХ УГЛЕЙ

К физико-химическим свойствам угля относятся: плотность, спекаемость, механическая прочность, термическая стойкость, температура плавления золы, смачиваемость и оптические свойства.

**Плотность угля** - это отношение сухой массы угля к массе такого же объема воды при температуре 20° С. Плотность угля зависит от степени его углефикации. Так, плотность бурых углей колеблется в пределах 1100-1500 кг/м<sup>3</sup>, а каменных углей возрастает от длиннопламенных к тощим и антрациту.

На свойстве плотности основан гравитационный метод, который получил широкое применение при обогащении крупного и мелкого угля и разнообразных полезных ископаемых.

**Спекаемость** - свойство углей отдельных марок при нагревании до температуры свыше 750° С без доступа воздуха образовывать прочный и пористый коксовый остаток с повышенным содержанием углерода. При нагревании угля (без доступа воздуха) сперва из него выделяются пары воды, а затем различные газы и летучие вещества.

Газообразные и переходящие в парообразное состояние жидкие продукты, получающиеся в результате нагревания угля, называют общим наименованием - "*летучим веществом*". Твердый остаток после выделения летучих веществ из спекающихся углей называют *нелетучим остатком* или *коксовым корольком*.

По виду твердого остатка (порошкообразный, слипшийся, слабоспекшийся, спекшийся, сплавленный вспученный, сплавленный сильно вспученный) можно судить о спекаемости углей и пригодности их для технологических целей.

Для более объективной оценки спекаемости и коксующейся способности угля исследуется в специальном аппарате, с помощью которого определяется *толщина пластического слоя* ( $y$ ) и *величина усадки* ( $x$ ) - уменьшение объема. Спекаемость имеет основополагающее значение при использовании углей для технологических нужд.

**Механическая прочность** - это свойство углей сопротивляться разрушению. Она зависит прежде всего от степени углефикации, характера распределения минеральных примесей и их содержания в углях. Механическая прочность углей имеет большее значение при их транспортировке, обогащении, сжигании. *За*

показатель механической прочности угля принимают выход кусков крупностью более нижнего предела для соответствующих классов рассортированного угля.

**Термическая стойкость** - это свойство углей споротивляться механическому разрушению при нагревании. Она уменьшается при высоком содержании в углях гигроскопической влаги, которая, испаряясь при быстром нагревании, способствует разрушению угля. Аналогичное действие оказывают летучие вещества, а также минеральные примеси с отличным от органической массы углей коэффициентом теплового расширения. С увеличением спекаемости углей их термическая стойкость повышается. *Выход угля крупностью более 13 мм в процентах принимают за показатель термической стойкости* испытанного угля.

**Температура плавления** золы угля - имеет большое значение для потребителей, использующих уголь как энергетическое топливо. При слоевом или пылевидном сжигании угля легкоплавкая зола приводит к шлакованию топок и поверхности нагрева котлов. Это снижает надежность, экономичность и производительность котлоагрегатов. Зола с температурой плавления ниже 1200° С считается легкоплавкой, с температурой плавления 1200-1350° С - среднеплавкой и выше 1350° С - тугоплавкой.

**Смачиваемость** углей определяется краевым углом смачивания, изменяющимся в широком диапазоне от 0 до 180° С. Меньшие значения краевых углов имеют хорошо смачиваемые (гидрофильные) поверхности частиц. Наоборот, частицы, поверхности которых слабо удерживают воду, являются гидрофобными. На свойстве смачиваемости основан флотационный метод, применяемый для обогащения самых разнообразных полезных ископаемых, в том числе углей. Чистое угольное вещество является гидрофобным, а минеральные примеси в большинстве случаев - гидрофильными.

**Оптические свойства** углей (цвет, блеск, отражательная способность и др.). Разные угли имеют различную отражательную способность. Цвет и блеск используется для разделения блестящих и матовых микрокомпонентов, а также для выделения из крупнокускового блестящего угля пустой породы.

### 1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ ПО МАРКАМ И КРУПНОСТИ

Бурые, каменные угли и антрациты в зависимости от свойств органической массы подразделяются на 17 технологических марок в соответствии с табл. 1.2.

**Марка угля** - это условное обозначение разновидности углей, близких по основным энергетическим и технологическим свойствам.

Такая широкая марочная номенклатура позволяет лучше удовлетворять требования потребителей с учетом специфики и особенностей их конкретной технологии.

Классификация углей по маркам

№ п.п	Наименование марки	Условное обозначение марки угля	№ п.п	Наименование марки	Условное обозначение марки угля
1	Бурый	Б	11	Коксовый слабоспекающийся низкометаморфизованный	КСН
2	Длиннопламенный	Д	12	Коксовый слабоспекающийся	КС
3	Длиннопламенный газовый	ДГ	13	Отощенный спекающийся	ОС
4	Газовый	Г	14	Тощий спекающийся	ТС
5	Газовый жирный	ГЖО	15	Слабоспекающийся	СС
6	Газовый жирный	ГЖ	16	Тощий	Т
7	Жирный	Ж	17	Антрацит	А
8	Коксовый жирный	КЖ			
9	Коксовый	К			
10	Коксовый отощенный	КО			

Т а б л и ц а 1.3

Классификация углей по крупности

Наименование класса крупности	Условное обозначение	Размер кусков, мм	Наименование класса крупности	Условное обозначение	Размер кусков, мм
Плитный	П	Более 100	Семечко	С	6-13
Крупный	К	50-100	Штыб	Ш	0-6
Орех	О	25-50	Рядовой	Р	не ограничен
Мелкий	М	13-25			

Приведенная классификация для марок углей разных бассейнов и месторождений имеет одинаковый предел технологических параметров, поэтому она обеспечивает их взаимозаменяемость и более рациональное формирование сырьевых баз обогатительных фабрик.

Энергетические угля (бурый, каменный и антрацит), а также энергетический концентрат характеризуются кроме технологической марки еще и размером кусков. Они делятся на сорта, ограниченные установленными пределами крупности в соответствии с табл. 1.3.

Условные обозначения сортов для различных марок и классов крупности составляются из обозначения марки и класса, например ДМ - длиннопламенный мелкий, (класс 13-25 мм), АК - антрацит крупный (класс 50-100 мм), ГО - газовый орех (класс 25-50 мм).

При поставках угля для пылевидного сжигания или при высокой влажности исходного угля и невозможности отсева по

ситу с отверстиями размером 6 мм или 13 мм допускается выделение соответственно класса 0-13 мм или 0-25 мм с условным обозначением СШ (семечко со штыбом) или МСШ (мелкий, семечко со штыбом).

Сортовое топливо позволяет весьма эффективно использовать уголь для слоевого сжигания (коммунально-бытовых и др. нужд), так как в этом случае, в связи с увеличением коэффициента полезного действия котельных установок, потребность в углях резко сокращается.

#### 1.4. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Для оценки качества исходного угля и продуктов обогащения в качестве основных показателей используются: зольность, теплота сгорания, содержание влаги, серы и минеральных примесей и мелочи.

Зольность угля - это загрязненность угля негорючими (минеральными) веществами. Уголь в природе в чистом виде не встречается, он всегда содержит негорючие (минеральные) примеси. Минеральные примеси, перешедшие в уголь из растений - углеобразователей, называются *внутренними* (химически связанными). Это примеси не отделяются от угольного вещества механическим обогащением. Минеральные примеси, принесенные в места накопления растительных остатков извне, называются *наосными*. Они связаны с углем механически, но отделить обогащением их невозможно, так как они очень тонко враплены. Примеси, попавшие в уголь при его добыче, называются *внешними*. Они хорошо отделяются от угольного вещества обогащением. При полном сгорании горючих веществ угля несгоревшие минеральные примеси образуют *твердый остаток*, называемый *золой*. Она имеет вид сыпучей массы или сплавленных кусков в виде шлака.

Определяют зольность сжиганием небольшой порции (пробы) угля при температуре  $800 \pm 25^\circ \text{C}$  и выражают в %. Если до сжигания масса порции угля составляла  $P_1$ , а масса золы после сжигания  $P_2$ , то зольность исходного угля определяют по формуле:

$$A^d = \frac{P_2}{P_1} 100\%. \quad (1.1)$$

Индекс "d" показывает, что порция угля перед сжиганием была высушена (сухая масса). Увеличение зольности в товарных продуктах снижает эффективность их использования.

Содержание влаги. Все количество влаги в углях, залегающих в естественных условиях или только что добытых, называют *общей влагой*, или влагой рабочего топлива  $W^r$ . Часть влаги, испарившуюся из угля при лежании (хранении) его на воздухе, называют *внешней*  $W_{\text{вн}}$ , а оставшуюся влагу - *внутренней* или *гигроскопической*  $W_{\text{гигр}}$ . Показатель влажности важен для практики, так как он позволяет оценить пригодность

угля к расसेву (слипаемость), возможность его перевозки в зимнее время (смерзаемость), а также учесть снижение теплоты сгорания при его сжигании.

Содержание влаги в рабочем топливе ( $W^r$ ) вычисляют по формуле

$$W^r = \frac{G_1}{G} 100\%, \quad (1.2)$$

где  $G_1$  - убыль в массе при высушивании топлива, г;  $G$  - навеска топлива.

Высушивание пробы угля производят в лабораторном сушильном шкафу при температуре  $102-105^\circ \text{C}$  до постоянной массы.

Сера является одной из наиболее вредных минеральных примесей в угле. Она значительно повышает расход топлива в доменной печи. При коксовании углей основное количество серы переходит в кокс, а затем в выплавляемый металл, придавая ему хрупкость. При сжигании углей сера является источником образования газов, отравляющих атмосферу и вызывающих коррозию оборудования.

Различают серу *органическую*, *пиритную* и *сульфатную*. *Органическая сера* образовалась из серы растений углеобразователей. Она не может быть удалена обогащением, так как химически связана с элементами угольного вещества. *Пиритная сера* в угле встречается в виде сростков, пропластков и мельчайших частиц, распределенных в массе угля. *Сульфатная сера* встречается в виде сернокислых соединений железа и кальция. При сжигании сульфатная сера переходит в золу, а при коксовании углей - в кокс. Основной формой серы в углях является пиритная.

По содержанию серы угли подразделяются на малосернистые (0,5-1,5%), среднесернистые (1,6-2,5%), сернистые (2,6-4,0%) и высокосернистые (более 4,0%). Механическим обогащением из угля удаляется, как правило, только пиритная сера.

Теплота сгорания характеризует количество содержащейся в угле тепловой энергии. От теплоты сгорания зависит расход топлива, необходимый для получения заданного количества тепла, а следовательно, и затраты, связанные с транспортом и его использованием. Теплота сгорания углей изменяется в широких пределах и зависит от их вида, и марок, а также от зольности и влажности. С увеличением двух последних показателей теплота сгорания резко снижается. Определение теплоты сгорания производят полным сжиганием навески угля в атмосфере кислорода в специальном аппарате. Теплоту сгорания, в которой учтена поправка на тепло испарения влаги, содержащейся в углях или образующейся при горении, называют *нижней* (или полезной) и обозначают  $Q^r$ .

Содержание минеральных примесей. К ним относят куски вмещающих пород размером 25 мм и более, попавшие в уголь из

кровли, почвы и прослоек в пласте (так называемая "видимая порода").

Содержание мелочи - кусков размером менее нижнего предела, установленного для каждого класса грохоченого топлива. Содержание мелочи является одним из основных показателей качества топлива, используемого для слоевого сжигания.

#### 1.5. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРЕБОВАНИЯХ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К КАЧЕСТВУ УГЛЕЙ И ИХ НОРМИРОВАНИЮ

Уголь в народном хозяйстве используется непосредственно как топливо, т.е. в качестве вещества, которое при сжигании выделяет значительное количество тепла и служит источником получения энергии и технологическим сырьем для получения в результате его переработки различных топливных и химических продуктов. Требования, предъявляемые отдельными потребителями к качеству углей, различны и определяются технологией их использования.

Угольные концентраты для использования в коксохимическом производстве, кроме ограничений по зольности, влажности и содержанию серы, должны обладать хорошей коксующей способностью, т.е. давать прочный и достаточно пористый кокс для металлургического производства.

Уголь для слоевого сжигания в коммунальных и бытовых печных устройствах регламентируется по крупности кусков и требует дополнительной рассортировки на товарные сорта.

При использовании угля для пылевидного сжигания на электростанциях основным требованием является высокая теплота сгорания и мелкие классы крупности (0-6, 0-13, 0-25 мм).

Если уголь используется для специальных целей (например, производство термоантрацита, угольных электродов, адсорбентов и др.), к нему предъявляется ряд дополнительных требований.

Уголь с низкой зольностью лучше удовлетворяет потребность как топливо, чем тот же уголь с более высокой зольностью. Сортной уголь при слоевом сжигании лучше удовлетворяет потребность как топливо, чем тот же уголь в нерассортированном виде. Для углей, направляемых на коксование, необходимо, чтобы они были малозольными и обладали коксующимися свойствами. Таким образом, для народного хозяйства имеет значение количество не поставляемого угля, а полученной из него тепловой энергии, кокса и химических продуктов.

В настоящее время добываемая горная масса (смесь неклассифицированного угля и породы, предназначенная для последующего обогащения) характеризуется низким качеством: имеет высокую зольность, много породы и мелочи и, как правило, не отвечает требованиям потребителей. Для использования ее для коксования, бытовых нужд населения, коммунально-бытовых це-

лей и энергетике (в связи с экологическими требованиями) единственным средством является механическое обогащение, которое не только обеспечивает выполнение требований потребителей, но и повышает экономическую эффективность угольного производства.

Для удовлетворения определенным (конкретным) требованиям потребителей, обоснованным технологией использования углей, все товарные продукты, выпускаемые обогатительными фабриками, подлежат нормированию по качественным показателям.

Нормы качества делятся на два вида: производственные, которые оформляются в виде технических условий, и потребительские - в виде потребительских стандартов. Технические условия нормируют качество отгружаемого угля в зависимости от характеристики поступающей горной массы и технологии обогащения. Потребительские стандарты нормируют качество углей, используемых потребителями, с учетом дополнительных требований (прочность, размер кусков, термическая стойкость, температура плавления золы и др.), обеспечивающих более эффективное использование угля.

Технические условия на качество продуктов составляются для каждой обогатительной фабрики и периодически пересматриваются в зависимости от совершенствования технологии и характеристики поступающих углей. Они разрабатываются персоналом фабрики, согласовываются в объединении и утверждаются.

Потребительские стандарты устанавливаются на товарные продукты обогатительных фабрик отдельно для каждого вида потребления, например: для коксования, слоевого сжигания в котельных установках и отопительных печах, пылевидного сжигания, цементных печей и т.д.

Потребительские стандарты являются обязательными для всех обогатительных фабрик, отгружающих свою продукцию тем или иным потребителям. Если фабрика отгружает продукты обогащения нескольким потребителям для различного использования, например, для коксования и пылевидного или слоевого сжигания, то для каждого потребителя должны выдерживаться свои нормы качества, независимо от производственной нормы, установленной для данной фабрики.

Перечень показателей качества, подлежащих нормированию, зависит от вида товарного продукта и его назначения. Например, концентрат, предназначенный для коксования, нормируется по следующим показателям: зольности на сухую массу, содержание влаги на рабочем топливе, серы на сухую массу и по выходу летучих веществ на горючую массу.

На содержание влаги для зимнего и летнего периодов времени устанавливаются разные нормы. Концентрат, выпущенный с превышением предельной нормы качества хотя бы по одному из нормируемых показателей, считается некондиционным и отгрузке потребителю не подлежит.

Для некоторых видов потребления, например для производст-

ва термоантрацита, электродных изделий, литейного кокса, карбида кальция и электрокорунда, наличие видимой породы крупнее 25 мм и сростков не допускается.

Кроме основных показателей качества, для отдельных видов потребления стандартами предусматриваются ограничения по ряду физико-химических показателей топлива, в частности, регламентируются следующие показатели: термическая стойкость, механическая прочность, температура плавления золы, теплота сгорания, содержание фосфора, выход гуминовых кислот, удельное электрическое сопротивление и др.

Чтобы установить обоснованные нормы товарных продуктов по золе на обогатительных фабриках, предварительно производят исследование углей, входящих в сырьевую базу фабрики. В первую очередь производится определение ситового и фракционного составов углей, поступающих на обогащение. По данным ситового и фракционного анализов составляется теоретический баланс продуктов обогащения, из которого определяются выходы и зольность всех продуктов обогащения, выпускаемых фабрикой. Затем на основании норм допустимого загрязнения продуктов обогащения посторонними фракциями и фактических коэффициентов полезного действия грохотов и другого технологического оборудования, определяется практический баланс продуктов обогащения. Из этого баланса находится средняя зольность товарных продуктов обогащения: концентрата, промпродукта и шлама.

Средние нормы массовой доли рабочей влаги для продуктов обогащения устанавливаются по фактическим данным фабрики за истекший период с учетом возможного повышения эффективности процессов обезвоживания. Средние нормы массовой доли общей серы в концентрате устанавливаются по данным теоретического баланса продуктов обогащения.

Предельные нормы показателей качества продуктов обогащения устанавливаются прибавлением к средним нормам поправок, учитывающих фактические колебания показателей в отгружаемых продуктах за истекший период. Поправки  $\Delta X$  определяются как

разность между максимальными и средними значениями показателей качества:

$$\Delta X = X_{\max} - X_{\text{ср.}}$$

При этом относительные поправки не должны превышать значений, указанных в табл. 1.4.

Предельные нормы показателей качества должны соответствовать требованиям стандартов по видам потребления.

## Глава 2

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

#### 2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под производственной структурой следует понимать форму организации производственного процесса, которая находит выражение в размерах обогатительной фабрики, в числе и составе служб, производственных участков и рабочих мест.

Рабочим местом называется часть производственной площади, где рабочий или группа рабочих выполняют отдельные операции по обслуживанию оборудования, контролю за ходом производства и выпуском продукции. Рабочее место является первичным элементом производственной структуры. На базе рабочих мест создаются группы, бригады, отделы, участки и службы, последние подразделяются на линейные и функциональные. Функциональные службы связаны с решением отдельных вопросов производства, например, планирования, нормирования, кадровыми, контроля за качеством сырья и конечной выпускаемой продукции, снабжения и др.

Линейные звенья производственной структуры связаны с организацией и обеспечением производственного процесса.

На рис. 2.1 приведена схема производственного процесса обогащения угля. Из рис. 2.1 видно, что производственный процесс представляет собой совокупность комплексов рабочих процессов. Комплекс рабочих процессов характеризуется своей технологией и организацией. Для его выполнения требуются специальные машины, механизмы и рабочие определенных профессий. На обогатительных фабриках комплексы рабочих процессов следующие:

подготовка угля перед обогащением, гравитационные методы обогащения, сгущение и осветление шламовых вод.

Каждый такой комплекс состоит из отдельных рабочих процессов. Рабочий процесс - четко очерченная и отличающаяся по своей организационной структуре и технологии часть процессов комплекса: прием угля, грохочение, дробление, обогащение в тяжелых средах, отсадка, обезвоживание, флотация, сушка и

Т а б л и ц а 1.4

Допустимые значения относительных поправок

Продукт	$\Delta X / X_{\text{ср}}$		
	По зольности	По влаге	По сере
Концентрат коксующихся углей	0,15	0,20	0,20
Концентрат энергетических углей	0,17	0,20	0,20
Промпродукт	0,17	0,20	0,20





## 2.2. ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ

Производственная структура обогатительной фабрики строится в зависимости от производственной мощности фабрики по переработке рядовых углей, принятого производственного процесса обогащения и типа фабрики. От построения производственной структуры во многом зависит успешность ведения производства и его эффективность.

*Обогатительные фабрики* распределяются на следующие типы: индивидуальные обогатительные фабрики (ОФ), групповые обогатительные фабрики (ГОФ), центральные обогатительные фабрики (ЦОФ).

К ОФ относятся такие, которые расположены на промплощадке шахты (разреза) и обогащают угли только данной шахты (разреза). При этом шахта (разрез) и фабрика имеют общее вспомогательное хозяйство. Обычно производственная мощность шахты (разреза) и фабрики одинакова.

ГОФ предназначена для обслуживания двух-трех и более шахт. Располагается она на промплощадке одной из шахт и имеет с ней в некоторых случаях общее вспомогательное хозяйство, и в первую очередь общий железнодорожный транспорт. Производственная мощность фабрики определяется суммарной производственной мощностью тех шахт, для обогащения которых она предназначена.

ЦОФ, как правило, располагаются на самостоятельных площадках, имеют свое вспомогательное хозяйство, железнодорожную станцию и железнодорожные подъездные пути, соединяющие фабрику с шахтами и станцией отправления. Такие фабрики служат для обогащения угля нескольких шахт.

В зависимости от целевого назначения обогащаемого угля различают обогатительные фабрики для коксующихся и энергетических углей. Технологические схемы обогащения на обогатительных фабриках для энергетических углей более простые, поэтому и производственная структура проще, чем на фабриках для коксующихся углей.

В соответствии с принципами и методами руководства производством аппарат фабрики должен быть оперативным, простым.

В целях приближения руководителей всех рангов к производству, обеспечения оперативности в руководстве и сокращения многоступенчатости подчинения на обогатительных фабриках принята бесцеховая структура управления.

Сущность ее состоит в том, что ранее действовавшие цехи с административно-управленческим аппаратом упразднены, а вместо их созданы службы и функциональные подразделения непосредственно подчинены соответственно главному инженеру и директору фабрики.

Производственные службы представляют собой совокупность территориально-обособленных рабочих мест, на которых выпол-

няется технологически однородная работа, и включает основные и вспомогательные процессы.

*Основными* называются процессы, в результате которых происходит изменение крупности угля или качества угля (зольность, содержание влаги). К основным процессам на обогатительной фабрике относятся: прием угля, дробление, грохочение, классификация на машинные классы, обогащение, обезвоживание, водношламовое хозяйство, сушка угля и погрузка конечных продуктов обогащения.

К *вспомогательным процессам* на обогатительной фабрике относятся такие процессы, с помощью которых обеспечиваются: бесперебойная работа обогатительной фабрики (водоснабжение и электроснабжение), санитарно-гигиенические условия для трудящихся (отопление, вентиляция), поддержание в исправном состоянии оборудования (ремонтные работы), технический контроль качества продукции.

Руководство производством представляет собой особого рода деятельность, направленную на организацию и координацию работы людей для достижения максимального эффекта в процессе производства.

В руководстве обогатительными фабриками ранее преобладали административные методы, которые сводились к изданию приказов и распоряжений, а также контролю за их исполнением. В настоящее время осуществляется переход в руководстве от административных к экономическим методам - рыночным отношениям.

Особенность экономических методов руководства заключается в том, что они обеспечивают решение поставленной задачи без каких-либо специальных распоряжений и требований, в результате нормального функционирования хозяйственной системы.

Рыночная экономика расширяет возможности реализации принципа: от каждого - по способности, каждому - по результатам труда, усиливает мотивацию к высокопроизводительному и творческому труду, позволяет создать эффективный механизм взаимовыгодных отношений производителя и потребителя, способствует развитию интеллектуального потенциала и повышению эффективности труда. Регулируемая рыночная экономика создает условия для повышения эффективности производства, развития творческой инициативы, предприимчивости в интересах работников предприятия.

Важнейшим средством вовлечения рабочих и служащих в совершенствование работы предприятия являются коллективные договоры, заключаемые между администрацией предприятия и трудовым коллективом в лице фабричного комитета профсоюза. В коллективном договоре находят отражение вопросы совершенствования техники и технологии производства, организации труда, заработной платы, улучшения условий труда и бытового обслуживания трудящихся.

Трудовой коллектив решает вопросы самоуправления в соот-

ветствии с уставом обогатительной фабрики. Самоуправление реализуется в условиях широкой гласности путем участия всего коллектива и его общественных организаций в выработке важнейших решений и контроле за их исполнением. Порядок и формы осуществления полномочий трудового коллектива определяются в соответствии с законодательством Российской Федерации.

### 2.3. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ШТАТАХ И ФУНКЦИЯХ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Производственная структура обогатительной фабрики состоит из следующих подразделений: руководство и аппарат при руководстве, техническая служба, производственная служба и электромеханическая служба.

В состав руководства и аппарата при руководстве входят: директор, старший инженер по планированию, экономист, старший инженер по нормированию, старший инспектор по кадрам, секретарь-машинистка и заведующий складом.

Техническая служба состоит из главного инженера - первого заместителя директора, заместителя главного инженера, заведующего химической лабораторией и старшего инженера по технике безопасности.

В состав производственной службы входят: начальник производства, заместитель начальника производства, механик основного производства, сменные инженеры, мастера основного производства, начальник участка погрузки, мастера участка погрузки и мастер административного комбината, занимающийся культурно-бытовыми и жилищными условиями работников.

Энергомеханическая служба состоит из главного механика, главного энергетика, начальника механической мастерской, старшего инженера-конструктора, старшего инженера по планово-предупредительному ремонту и паспортизации оборудования, мастера энергомеханической службы и мастера по обслуживанию телефонной связи.

Задачи производственных подразделений. Обогатительную фабрику возглавляет директор, который организует всю работу фабрики и несет ответственность за ее состояние и деятельность. Основными задачами являются: выполнение объемов по переработке рядового угля, выпуску концентрата и сортового топлива; достижение высоких технико-экономических результатов при наименьших затратах трудовых, материальных и денежных ресурсов на основе полного использования производственных мощностей, внутрипроизводственных резервов, строгого соблюдения режима экономии и бережливости, снижения себестоимости, внедрения прогрессивных технологических схем, современного оборудования и систем управления; создание безопасных и здоровых условий труда, укрепление трудовой и технологической дисциплины.

**Техническая служба.** Техническим руководителем обогатительной фабрики является главный инженер. Он непосредственно руководит работой технической, производственной и электромеханической служб. Разрабатывает и осуществляет меры по внедрению новой техники, прогрессивной технологии, совершенствованию организации производства и труда; решает вопросы, связанные с улучшением качества выпускаемой продукции, созданием безопасных условий труда, охраны окружающей среды, развитием науки, рационализацией и изобретательством, информацией и улучшением патентно-лицензионной работы.

Производственная служба возглавляется начальником производства, который организует внедрение новой техники и передовых технологических процессов, обеспечивает выполнение производства по всем качественным и количественным показателям, руководит работой по улучшению экономических показателей, обеспечивает подготовку производства, организует согласованную работу всех своих звеньев, внедряет передовые методы труда, укрепляет производственную и трудовую дисциплину, содействует повышению квалификации работников производства.

Энергомеханическая служба возглавляется главным механиком обогатительной фабрики, который руководит проведением планово-предупредительного ремонта производственного оборудования, обеспечивает техническое состояние оборудования, а также осуществляет контроль за расходом средств, направляемых на его ремонт, обеспечивает эксплуатацию и ремонт энергосилового хозяйства. Мастера производственной и энергетической служб являются непосредственными организаторами производства на рабочих местах, руководят коллективом рабочих, организуют процесс производства, обеспечивают строгое соблюдение технологической дисциплины, создают условия для выполнения рабочими их обязанностей, обеспечивают строгое выполнение правил техники безопасности и охраны труда работающих, производят расстановку рабочих, борются за строжайшее соблюдение трудовой дисциплины, чистоту и порядок на рабочих местах, максимальное использование оборудования, сырья и материалов.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВАМ 1 И 2.

1. Из чего образовался уголь и под влиянием каких факторов?
2. Что входит в состав горючей и негорючей массы угля?
3. Что такое зольность?
4. По каким признакам разделяют угли по маркам?
5. Какая классификация энергетических углей принята по крупности кусков.
6. В каких отраслях народного хозяйства используется уголь?
7. На какие виды делятся нормы качества углей?
8. Что такое обогащение и каковы его задачи?
9. Что следует понимать под производственной структурой обогатительной фабрики.
10. Расскажите о схеме производственного процесса - обогащения угля.

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ ТРУДА ОБОГАТИТЕЛЯ ШИРОКОГО ПРОФИЛЯ

### 3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Обогатительные фабрики представляют собой высокомеханизированные предприятия с поточными непрерывными технологическими процессами обработки угля с целью удаления из него минеральных примесей. При этом концентрация горючей массы в угле должна быть повышена до уровня требований потребителя.

Для получения заданных технологических и экономических показателей процесса обогащения должна быть обеспечена бесперебойная работа всего оборудования. Остановка какой-либо машины, механизма или аппарата приводит, как правило, к остановке всей фабрики или ее отдельных участков. Каждая остановка нарушает технологический процесс, вызывает потери горючей массы в отходах углеобогащения и тем самым снижает ресурсы угольного топлива и приводит к загрязнению окружающей среды.

От обогатителя широкого профиля в значительной степени зависит уровень совершенствования технологии обогащения, так как именно он непосредственно осуществляет эксплуатацию оборудования, заключающуюся в постоянном контроле, ежесменном обслуживании и осмотре механизмов и своевременном устранении недостатков.

От обслуживающего персонала в первую очередь зависит выявление и использование резервов производства на каждом рабочем месте. Это включает такие показатели, как повышение эффективности труда, расширение зон обслуживания, совмещения профессий, ликвидация потерь и более полное использование рабочего времени, улучшение качества продукции, снижение расхода сырья, материалов, топлива, энергии и других ресурсов.

### 3.2. РАБОЧЕЕ МЕСТО

Трудовая деятельность людей, связанная с участием в производстве, осуществляется в специально предусмотренных зданиях и сооружениях. Рабочее место - место постоянного или временного пребывания работающего в процессе трудовой деятельности. Рабочее место, на котором работающий находится большую часть (более 50%) всего рабочего времени, называется постоянным рабочим местом.

Технологические процессы на обогатительных фабриках требуют постоянного внимания и контроля за работой машин и обо-

рудования. Поэтому рабочее место должно быть оснащено средствами оперативной информации и связи, оперативного контроля и регулирования технологического оборудования, производственно-технической документацией, соответствовать правилам техники безопасности, санитарным нормам.

На рабочем месте вблизи обслуживаемых машин, механизмов и аппаратов должна быть вывешена рабочая инструкция, включающая оперативную и административную подчиненность работающего, перечень оборудования, обслуживание которого вменяется в обязанность, права и обязанности рабочего при приеме смены, во время смены, при сдаче смены, запрещающие действия. Здесь же вывешивается выписка из Плана ликвидации аварий.

Машинист установок обогащения и машинист машин и механизмов для правильного ведения технологического процесса должен иметь необходимую информацию о колебаниях подачи исходного питания, изменения качества углей, поступающих на фабрику, количестве продуктов данной установки, а также товарной продукции. Для обеспечения этой информацией рабочее место машиниста установки оборудуется пультами (щитами) с необходимыми приборами, контролирующими основные параметры, а также громкоговорящей и телефонной связью с оператором отделения или диспетчером фабрики.

На рабочем месте машинист установки должен вести и хранить рабочий журнал. Для машиниста установки должны быть оборудованы места для приема и хранения пищи. В отдельных местах устанавливаются специальные шкафы для хранения инструментов, необходимых машинисту установки для работы и устранения мелких неполадок в работе обслуживаемых машин.

Рабочее место машиниста установки должно быть оснащено необходимыми средствами для защиты: переходными мостками и защитными полками, проемами, заземленным оборудованием, диэлектрическими перчатками, ковриками в местах обслуживания пусковой аппаратуры. Рабочее место машиниста установки должно соответствовать также санитарным нормам по освещению, запыленности, вибрациям и шуму, цветовому оформлению машин, механизмов, аппаратов, трубопроводов, транспортных желобов, а также стен зданий и сооружений фабрики.

### 3.3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ

Режим работы обогатительной фабрики зависит от принятой технологии обогащения и производственной программы.

*Режим работы* - установленный порядок и продолжительность производственной деятельности предприятия, участков и цехов во времени (в течение суток и недели).

Независимо от режима работы фабрики продолжительность рабочей недели не должна превышать 41 ч. Продолжительность рабочей недели во вредных условиях труда не должна превышать

36 ч, (прием и слив реагентов, чистка бункерных емкостей и др.).

На углеобогатительных фабриках наиболее распространен четырехбригадный график работы технологических смен: продолжительность рабочей смены 8 ч - три рабочих смены в сутки, через каждые три рабочих дня смена имеет выходной день и после пересмены работает следующие три дня и т.д. Четырехбригадный график в отдельных регионах имеет продолжительность рабочей смены 12 ч - две рабочих смены в сутки (по опыту работы железнодорожного транспорта); день работает, день отдыхает и, после пересмены, выходит на работу. Индивидуальные фабрики работают в режиме работы своих шахт, чаще на шестидневной рабочей неделе.

Для рабочих вспомогательных подразделений, ремонтных служб и служащих устанавливается пятидневная рабочая неделя с двумя выходными днями.

Число рабочих дней в году на центральных и групповых обогатительных фабриках составляют, как правило, 360 дней. В весенние и осенние праздничные дни, когда нет поступления углей, некоторые фабрики используют остающиеся 5-6 дней в году для проведения ремонтных работ, требующих остановки всей фабрики.

Число рабочих дней в году для индивидуальных фабрик соответствует числу дней работы угледобывающих предприятий - шахты, разреза.

Режим работы углеприемных и погрузочных комплексов может не совпадать с режимом работы фабрики по переработке углей, так как должен быть увязан с работой железнодорожного транспорта и поэтому для большинства центральных и групповых фабрик режим работы принимается круглогодичным и круглосуточным.

Началом рабочего времени считается момент прихода на рабочее место, а концом рабочего времени - уход с рабочего места по окончании смены и сдачи рабочего места сменщику. Контроль за своевременным началом работы, включая прибытие на сменный наряд, за правильным использованием рабочего времени и окончанием работы возлагается на начальников смен (цехов) и мастеров. Круглосуточный режим работы фабрики (три смены по 8 ч или две смены по 12 ч) повышает трудовую и технологическую дисциплину обслуживающего персонала и лиц технического надзора, дает им возможность обмениваться информацией о работе основного и вспомогательного оборудования и соблюдении технологических режимов.

При работе в непрерывном режиме проведение капитальных (включая замену оборудования) ремонтов требует предварительной разработки организационных мероприятий и тщательной технической подготовки. При наличии резервных мощностей в виде технологических линий (секций) или резервного оборудования проведение крупных ремонтов не встречает трудностей.

Ежедневные планово-предупредительные ремонты, проводимые ремонтной службой предприятия (5 дней в неделю), по продолжительности, чаще всего, не превышают 4 ч. Технологическое время работы в обычные дни (за исключением выходных дней) предусматривается, как правило, до 20 ч в сутки.

Прерывная рабочая неделя создает более благоприятные условия для проведения планово-предупредительных и капитальных ремонтов, которые проводятся в выходные дни. Службы, связанные с приемкой рядового угля и погрузкой продуктов обогащения, из-за железнодорожного транспорта имеют непрерывную рабочую неделю.

#### 4.4. СОДЕРЖАНИЕ ТРУДА ОБОГАТИТЕЛЯ ШИРОКОГО ПРОФИЛЯ

**Общие положения.** Все рабочие, поступающие на предприятие, подлежат предварительному медицинскому освидетельствованию. Рабочие, у которых выявлены профессиональные заболевания, переводятся на другую работу в соответствии с заключением врачебной комиссии.

Все рабочие, поступающие на предприятие, а также переводимые на работу по другой профессии, должны быть обучены профессии. После сдачи экзаменов рабочим выдаются удостоверения. вновь поступающие должны быть обучены правилам техники безопасности и промсанитарии при учебных пунктах предприятий или в учебно-курсовых комбинатах с отрывом от производства и обязательной сдачей экзамена.

Администрация предприятия обязана один раз в год проводить проверку знаний по технике безопасности у рабочих по их профессии.

Машинисты установок обогащения, машинисты машин и механизмов обязаны выполнять правила безопасности ведения работ, руководствоваться основными правилами по охране труда и дополнительными указаниями сменного инженера (мастера) на рабочем месте. Машинист установок должен выполнять только ту работу, которая входит в круг его обязанностей, предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка и технологическими инструкциями. Запрещается самостоятельно производить работы, не входящие в обязанности машиниста установки, без специального на то указания администрации, а также без соответствующего предварительного инструктажа по технике безопасности. При травме или недомогании необходимо сообщить об этом своему непосредственному руководству (в лице технического надзора) или оператору и обратиться в медпункт.

Машинист установок должен знать и выполнять: инструкцию по охране труда на рабочем месте, выписку из плана ликвидации аварий, инструкции по правилам пользования самоспасателем СПП-2 (СК-5, СК-7) и огнетушителями ОП и ОХП-10. Машинист установок обязан уметь пользоваться защитными приспособлениями.

соблениями и средствами индивидуальной защиты (респираторы ПРШ-2, РН-21, защитные очки типа О, ЗП и ЗН), уметь оказывать самопомощь и взаимопомощь.

**Общие правила личного поведения.** Машинист установок обязан: соблюдать производственную дисциплину, выполнять распоряжения и указания, данные как непосредственным начальником (мастером, сменным инженером), так и руководством фабрики; во время работы нельзя покидать рабочее место без разрешения мастера, (сменного инженера); уходить с рабочего места можно только после сдачи смены. В случае отсутствия сменяющего, машинист установок обязан сообщить об этом сменному инженеру через оператора (диспетчера) пульта управления фабрики и не покидать рабочее место до принятия мер руководством смены. Если машинист установок не может выйти на работу по какой-либо причине, то желательно сообщить об этом руководству смены.

На фабрике применяется звуковая сигнализация, код которой должен знать обслуживающий персонал, например: два коротких звуковых - предупреждение о пуске механизмов, два коротких и один длинный звуковые сигналы, следующие один за другим, - пуск механизмов.

При работе необходимо пользоваться только исправными инструментами и предохранительными приспособлениями.

**Правила поведения на рабочем месте.** Машинист установок обязан во время работы механизмов находиться на рабочем месте и вести наблюдение за технологическим процессом, работой машин и механизмов. В случае нарушения технологического процесса или неисправности какого-либо механизма необходимо немедленно сообщить об этом оператору пульта управления или мастеру (сменному инженеру). Уборку, чистку механизмов производить только после их остановки. На рабочем месте не должно быть посторонних предметов, а запасные части должны находиться в специальных местах. Машинист установок обязан содержать рабочее место в чистоте, работать только при исправных ограждениях и заземлениях. Инструмент, обтирочный материал и смазочные материалы содержать в отведенных для этих целей местах.

Запрещается хранить на рабочем месте легковоспламеняющиеся вещества (бензин, керосин и др.).

Машинист установок обязан знать устройство механизмов, правила безопасной эксплуатации, характерные неполадки, могущие возникнуть в процессе работы, и уметь их устранять.

Машинист установок обязан приходить на работу в специальной спецодежде, предусмотренной нормами техники безопасности. Одежда должна быть аккуратно подогнанной, чистой, не иметь болтающихся частей. При необходимости машинист должен пользоваться индивидуальными защитными средствами.

Пылегазовый режим устанавливается на фабриках, отнесенных к опасным по взрыву пыли и газа. Пылегазовый режим предус-

матривает выполнение комплекса мероприятий, препятствующих образованию на поверхности полов, стен, оборудования угольной пыли.

Машинист установок обязан своевременно убирать пыль с полов, стен и оборудования, производить побелку стен, содержать рабочее место постоянно чистым, при уборке не следует допускать перехода пыли во взвешенное состояние.

**Безопасные приемы работы.** Дистанционный пуск механизмов фабрики выполняется только после получения сигналов или сообщений с рабочих мест о готовности механизмов к пуску и предварительного сигнала о начале пуска. Машинист установок, производящий пуск механизма с рабочего места, должен получить разрешение у оператора пульта управления. Перед пуском механизмов в работу машинист установок обязан подать сигнал "Берегись, включаю!".

Для обеспечения проведения подготовительных и ремонтных работ оператор обесточивает механизмы и оборудование с записью в журнале, находящемся в операторной.

**Общие запрещенные приемы работы:** работать при отсутствии или неисправности контрольно-измерительных приборов, сигнализации, блокировки, неисправности систем пожаротушения; включать и останавливать механизмы без разрешения оператора пульта управления; производить пуск неисправного оборудования, сдавать и принимать неисправное оборудование; работать механизмами на местном режиме, т.е. выводить механизмы из системы блокировки; не передавать управление обслуживаемых механизмов другим лицам; сдавать и принимать механизмы на рабочем месте; повышать оптимальную производительность оборудования; допускать пользование открытым огнем, курить во всех производственных помещениях и на территории фабрики, кроме специально отведенных мест.

Во избежание несчастных случаев *запрещается*: ходить по железнодорожным путям и передвигаться под ж.-д. вагонами; бегать по территории, перекрытиям, помещениям фабрики; снимать ограждения проемов, становиться на крышки люков, колодезь, траншей, туннелей; оставлять после осмотра открытыми люки в зумпфах, сборниках, течах, скребковых конвейерах; облакачиваться, садиться, становиться на ограждения работающих механизмов, становиться на работающие механизмы; выходить на крыши мостов, галерей производственных зданий; разливать смазочные материалы на перекрытиях.

Во избежание захвата механизмами *запрещается*: производить во время работы чистку загрузочных течек скребком, ломом и другими предметами; производить чистку или любой ремонт на работающем механизме; заходить или просовывать руку за ограждение; передавать любые предметы через работающие механизмы; включать механизмы без предупредительного сигнала и не проверив отсутствие людей на них; снимать предупредительный плакат "Не включай. Работают люди!", если он вывешен

другим лицом; переходить через механизмы в неустановленных местах; включать механизмы, взятые в ремонт и не сданные с ремонта.

Во избежание поражения электрическим током *запрещается*: производить ремонт оборудования без снятия напряжения; заливать водой электродвигатели, кабели, светильники, пусковую и контрольно-измерительную аппаратуру; касаться открытых токоведущих частей, прикасаться к сварочным аппаратам, протирать светильники и осветительную аппаратуру; производить пуск и остановку механизмов без диэлектрических перчаток; заходить в распределительные пункты и трансформаторные подстанции.

Во избежание травмирования *запрещается*: включать механизмы, если не поняты сигнал или распоряжение; допускать на рабочее место посторонних лиц; класть и оставлять на механизмах инструменты и другие предметы; снимать и устанавливать ограждения во время работы механизмов; работать на неосвещенном рабочем месте; опускаться в любые емкости, сосуды и резервуары, если нет на это удостоверения или письменного разрешения; сбрасывать предметы в монтажные, лестничные, оконные проемы; находиться в монтажных проемах; нарушать правила дорожного движения, ходить в опасных зонах.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие требования предъявляются к рабочему месту машиниста установок?
2. Перечислите обязанности машиниста установок.
3. Назовите запрещенные приемы работы машиниста установок.

## Г л а в а 4

### УГЛЕПРИЕМ И ПОДГОТОВКА УГЛЯ К ОБОГАЩЕНИЮ

#### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Поставка угля на обогатительные фабрики производится в соответствии с договорами между шахтой, разрезом и фабрикой.

В состав углеприемных устройств входят здания, сооружения и механизмы, предназначенные для приема поступающего в переработку угля, выполнения маневровых операций с подвижным составом, контрольного взвешивания вагонов, рыхления и размораживания углей в вагонах, дробления негабаритных кусков на решетках углеприемных бункеров, выгрузки угля из бункерных емкостей.

На обогатительных фабриках рядовой уголь доставляется в железнодорожных вагонах, автомобильным транспортом, ленточ-

ными конвейерами и гидротранспортом. На групповые и центральные обогатительные фабрики уголь, как правило, доставляется в железнодорожных вагонах. Ленточными конвейерами уголь передается из шахт на фабрики при расположении их на одной промплощадке или в непосредственной близости от фабрики. Гидротранспортом в виде гидропульпы уголь передается только с гидрощахт, ведущих добычу гидравлическим способом. Автомобильным транспортом уголь подвозится чаще всего при добыче его открытым способом.

В технологическом комплексе современной центральной или групповой углеобогатительной фабрики углеподготовительное отделение обеспечивает постоянный прием и выгрузку прибывающих железнодорожных вагонов и создает условия для ритмичной работы предприятия, сглаживая перебои в поступлении углей в переработку из-за неравномерной работы внешнего транспорта.

Качество поступающего на фабрику угля должно соответствовать техническим условиям или временным нормам с целью обеспечения устойчивой работы углеподготовки.

#### 4.2. ПРИЕМ И ПОДГОТОВКА УГЛЕЙ К ОБОГАЩЕНИЮ

Приемку угля производит персонал углеподготовки в соответствии с технологической инструкцией, утверждаемой главным инженером фабрики.

Подготовка углей к обогащению (усреднение углей) на обогатительных фабриках производится различными способами (в зависимости от наличия бункерных емкостей, складов для рядовых углей и других устройств): селективной разгрузкой, усреднением в дозирочно-аккумулирующих бункерах или в штабелях.

В технологических схемах подготовки углей к обогащению на фабриках аккумулятивное и усреднение углей всегда следует после предварительного грохочения и удаления из угля посторонних предметов (породовыборки).

Усреднение углей позволяет повысить среднюю часовую мощность по обогащению, уменьшить количество нарушений технологического процесса.

На фабриках аккумулятивные бункеры выполняют роль дозирочного отделения. Здесь производится составление шихты из углей различных шахтогрупп и даже марок углей.

*Шахтогруппа* - производственный термин, характеризующий группу углей, имеющих сходные качественные характеристики и близкие показатели по обогатимости, т.е. данные, необходимые при распределении их по ячейкам аккумулятивных бункеров.

Каждая углеобогатительная фабрика периодически, в зависимости от изменений своей сырьевой базы, пересматривает и корректирует распределение углей по шахтогруппам.

Преимуществом бункеров как дозирочно-аккумулирующих

устройств являются более широкие возможности по сравнению с обычными грейферными или скреперными складами в части механизации и автоматизации процессов загрузки и выгрузки углей, исключается загрязнение окружающей природной среды, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала.

Объемы аккумулирующих бункеров рассчитаны на работу для групповых обогатительных фабрик не менее 16 ч, а для центральных - не менее 19 ч.

На фабриках, расположенных при шахтах (индивидуальные фабрики), качество углей изучается по отдельным участкам и шахтопластам. На базе этих данных поступающие на фабрику угли распределяются по приемным бункерам для последующего их усреднения перед обогащением.

По форме бункера делятся на прямоугольные и круглые.

*Прямоугольные бункера* имеют форму пирамиды или обелиска и называются пирамидальными. Эти бункера имеют наибольшее пространство на углеобогатительных фабриках. Для увеличения объема их объединяют в многоячейковые комплексы.

*Круглые бункера* делятся на конические и цилиндрические. В последние годы они находят все более широкое применение на углеобогатительных фабриках. Их преимущество перед бункерами прямоугольной формы - меньший расход строительных материалов, недостаток - большая занимаемая площадь при одинаковой вместимости.

*Силосы* - разновидность круглых бункеров, отличающихся большими размерами и вместимостью. В последние годы при строительстве крупных углеобогатительных фабрик в качестве хранилищ для угля получили распространение железобетонные силосы цилиндрической формы.

Силосы komponуются вплотную один к другому параллельными рядами. Диаметр силосов колеблется от 6 до 30 м, высота доходит до 50 м, вместимость - до 40 тыс. т угля. Силосы загружаются сверху, а выгружаются через выпускные отверстия в днище. Причем, у силосов небольшой вместимости (порядка 1000 т) нижняя часть имеет воронкообразную форму. Силосы большой вместимости, имеют днище "плоское" и, в зависимости от диаметра силоса, число выгрузочных отверстий может быть четыре и более.

Загрузка бункеров производится с помощью устанавливаемых над ними конвейеров с промежуточной разгрузкой (ленточных с разгрузочной тележкой, скребковых распределительных) и ленточных катучих конвейеров.

Для улучшения условий выгрузки угля внутренние (наклонные) стенки и днища железобетонных бункеров облицовываются диабазовыми, шлакоситаловыми плитками или другими материалами с низким коэффициентом трения.

По различным причинам истечение угля из бункеров может быть нарушено. Основные из них: заклинивание - при несоот-

ветствии размеров кусков угля размеру выпускного отверстия бункера; сводообразование и зависание материала - при хранении в бункере крупного и мелкого угля повышенной влажности вследствие слеживания и уплотнения. Причиной зависания угля может быть недостаточный угол стенок разгрузочной части бункера или малые размеры выпускного отверстия.

С целью устранения сводообразования и зависания бункера оснащают специальными устройствами пневматического действия.

Система конических сопел устанавливается в два или три ряда на конусной части бункера и может включаться с места или работать в автоматическом режиме.

При работе в автоматическом режиме датчиком фиксируется отсутствие угля на питателе. Импульс подается на открытие крана воздуховода нижнего ряда сопел бункера. Через 5 - 6 с кран автоматически закрывается и открывается кран второго ряда сопел на 5-6 с (если в бункере три ряда). Весь цикл пневмообрушения происходит за 15-18 с.

Угол наклона сопел зависит от влажности и крупности угля и их назначения. Для обрушения угля, нависшего на стенках, сопла направляются вдоль стен, близко к углу наклона стенки бункера.

Под бункерами, включенными в основной процесс, устанавливаются питатели с целью обеспечения равномерной, регулируемой выгрузки угля.

*Питатели различают:* с тяговым органом вращающиеся и с колебательным движением. Питатели с тяговым органом бывают пластинчатые и ленточные. Ленточные питатели не применяют на обогатительных фабриках.

*Пластинчатые питатели* применяют для крупнокускового угля и горной массы. Питатели выпускают легкого и тяжелого типов. Производительность питателя регулируется изменением скорости движения пластинчатой ленты и размером выпускного отверстия.

*Питатели вращающиеся дисковые* бывают двух типов: легкого (ДЛ) для подачи материала с насыпной плотностью до 2 т/м<sup>3</sup> и тяжелого (ДТ), предназначенные для подачи кусковых сыпучих материалов с насыпной плотностью более 2,0 т/м<sup>3</sup> и крупностью более 150 мм.

*Питатели с колебательным движением* бывают качающиеся и вибрационные. Питатели качающиеся предназначены для кусковых и сыпучих материалов с насыпной плотностью до 2,25 т/м<sup>3</sup>. Производительность питателя регулируется изменением проходного сечения разгрузочного окна с расположением кривошипа.

Качающиеся питатели широко используются благодаря простоте конструкции и эксплуатационной надежности.

Из различных конструкций вибрационных питателей на углеобогатительных фабриках получили распространение *электровибрационные*. Вибропривод питателей не имеет вращающихся или трущихся частей, поэтому отпадает необходимость ухода за электроприводом.



Электровибропитатель состоит из вибратора электромагнитного во взрывобезопасном исполнении, лотка, амортизаторов и шкафа управления. Производительность питателей регулируется плавно от нуля до максимума изменением силы тока возбуждения.

#### 4.3. УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Углеприемные устройства современных и вновь строящихся центральных и групповых углеобогатительных фабрик оснащаются вагоноопрокидывателями для разгрузки поступающих углей из железнодорожных вагонов.

В ходе реконструкции действующих углеобогатительных фабрик, имеющих годовые мощности два и более миллиона тонн в год, также устанавливаются вагоноопрокидыватели взамен ям привозных углей.

Вагоноопрокидыватели выпускаются двух типов: роторные и боковые.

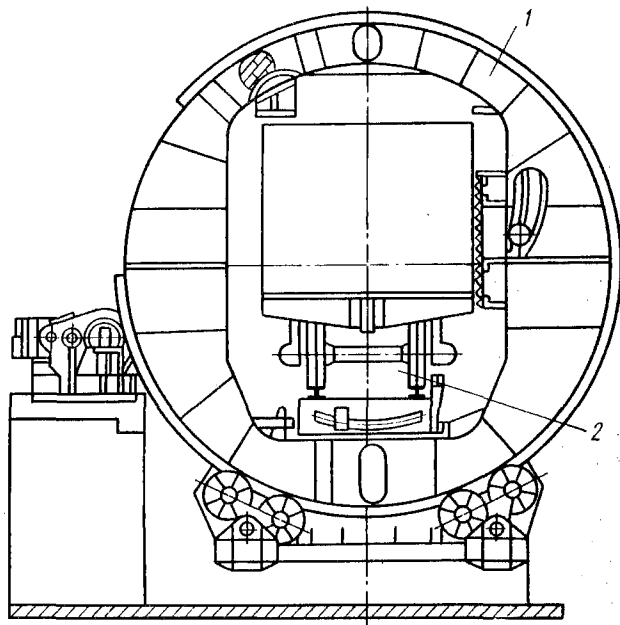
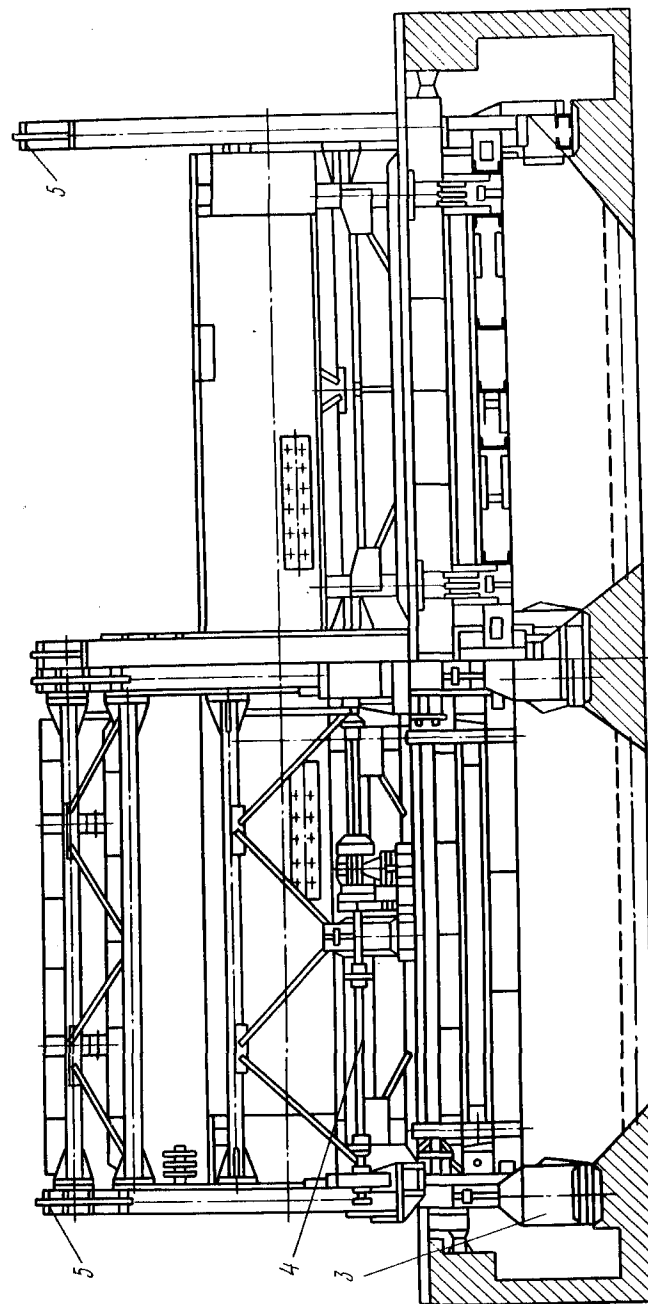


Рис. 4.1. Роторный вагоноопрокидыватель



Боковые вагоноопрокидыватели обычно устанавливаются на реконструируемых фабриках. Главное их преимущество состоит в том, что глубина подземной части сооружения значительно меньше по сравнению с роторными вагоноопрокидывателями, а следовательно, меньше объемы земляных работ, которые трудно выполнять вблизи железнодорожных подъездных путей.

При равной грузоподъемности разгружаемых железнодорожных вагонов роторные вагоноопрокидыватели более производительные и надежные в эксплуатации.

**Роторные вагоноопрокидыватели** готовятся двух типоразмеров: для выгрузки железнодорожных вагонов 60- и 96-тонных, типа ВРС-3 и для выгрузки 60-, 96- и 125-тонных вагонов типа ВРС-125.

Роторный вагоноопрокидыватель (рис. 4.1) состоит из спаренного ротора 1, двух платформ с люльками 2, трех спаренных роlikоопор 3, четырех опорных ободьев 5, приводов вагоноопрокидывателя 4. Диски роторов соединены между собой продольными балками, на которых в верхней части приварены упоры. При опрокидывании на эти упоры ложится вагон. Чтобы не повредить вагон, упоры в местах прилегания покрыты резиной, амортизирующей толчок при соприкосновении вагона с упором. Ротор вагоноопрокидывателя своими бандажами опирается на роlikоопоры, закрепленные на фундаментах.

В верхней части люлек приварены продольные швелера, на которых закреплены четыре привалочных бруса с пружинными амортизаторами. К люлькам подвешена на восьми рычагах приемная платформа с уложенными на ней рельсами для постановки вагона. Для фиксации направления при перемещении платформы на концах продольных швелеров люльки укреплены ролик, которые при вращении платформы катятся по специальным пазам в дисках ротора. При вращении ротора платформа с установленным на ней вагоном перемещается к привалочным стенкам вагоноопрокидывателя, и вагон плавно ложится на верхние опоры балки, при этом борт вагона соприкасается с верхними упорами. Если находящийся в вагоне уголь обладает достаточной сыпучестью, то при повороте вагона на 170 градусов вагон полностью опорожняется без всяких дополнительных мер. При влажном материале в конце поворота ротора включаются вибраторы и кузов вагона в опрокинутом положении подвергается вибрации для освобождения от остатков угля.

**Вагоноопрокидыватель с боковой разгрузкой** (рис. 4.2) имеет следующие основные конструктивные узлы: приемная платформа 6, привалочная стенка с амортизирующим устройством 1, главный вал 2, поворотная несущая конструкция - люлька 4, упорные электродомкраты 5, приводы вагоноопрокидывателя 3.

В отличие от роторного вагоноопрокидывателя, разгрузка вагона осуществляется подъемом его над уровнем железнодорожной колеи и затем поворотом вокруг главного вала на 170-175 градусов. Для полного высыпания угля из кузова так же, как и

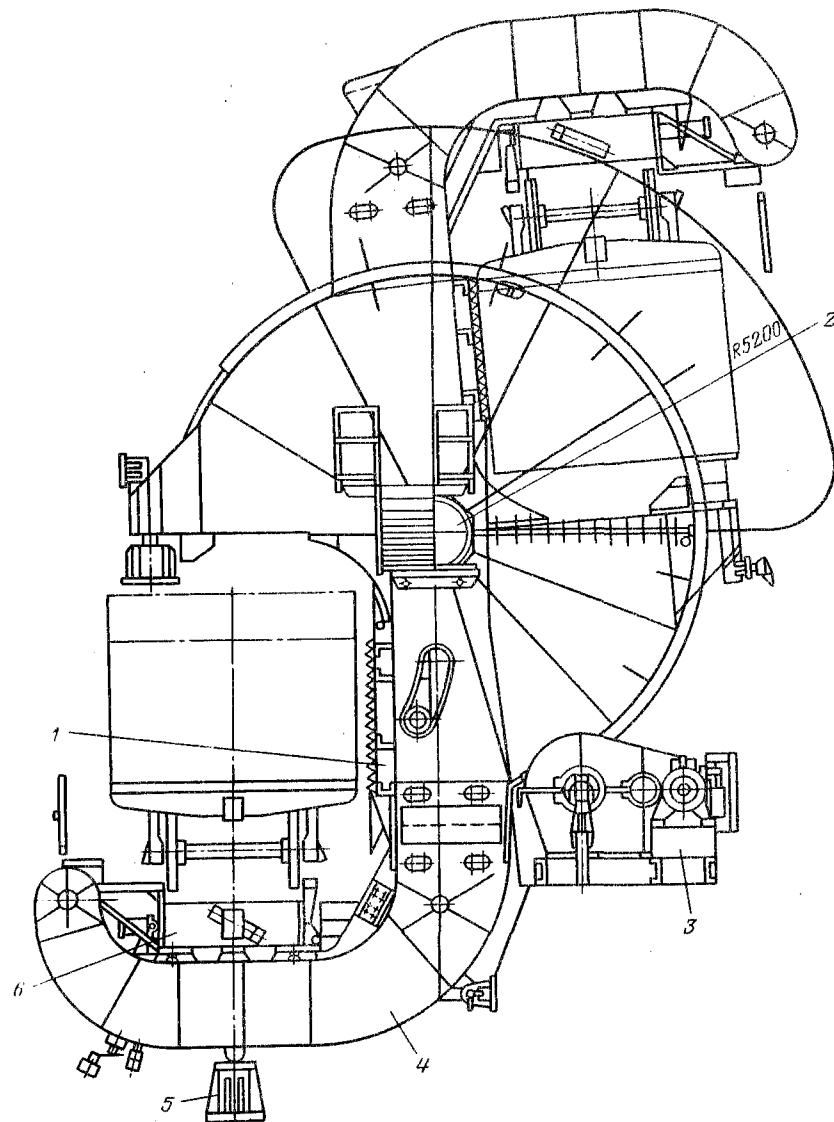
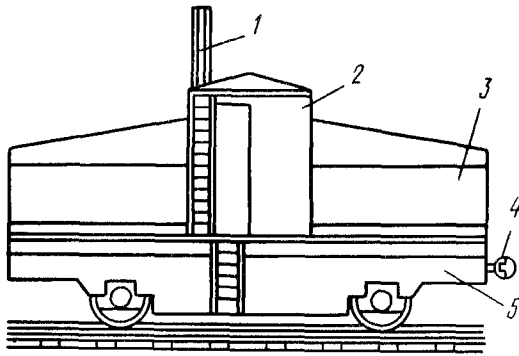


Рис. 4.2. Вагоноопрокидыватель с боковой разгрузкой

Рис. 4.3. Электротолкатель



на роторном вагонопрокидывателе, в конце поворота вагона производится включение электровибраторов, установленных на привалочных стенках вагонопрокидывателя.

На фабриках, оборудованных вагонопрокидывателями, для подачи полувагонов на разгрузку используются специальные электротолкатели, поступающие в комплекте с вагонопрокидывателем.

Электротолкатель (рис. 4.3) представляет собой электрический самоходный вагон, состоящий из следующих узлов: токо-съемника 1, кабины 2, двух кузовов (для размещения балласта) 3, автосцепки 4, рамы 5 и двух электродвигателей. Каждый электродвигатель через упругую муфту соединен с трехступенчатым цилиндрическим редуктором. Выходной вал редуктора является осью ходовых колес, вторая опора редуктора - амортизатор, соединен с рамой. Электродвигатель устанавливается на подмоторной плите, которая жестко соединена с корпусом редуктора и шарнирно с осью ходовых колес, вторая опора подмоторной плиты - второй пружинный амортизатор.

Кузова для размещения балласта и рама электротолкателя сварные. В качестве балласта применяют железобетонные плиты (8 штук) массой 5120 кг каждая. Электротолкатель оборудован автосцепкой, применяемой на железнодорожном транспорте.

Для электротолкателя строится специальный железнодорожный путь и тупик для заезда его в хвост состава при подаче на вагонопрокидыватель партии груженых вагонов. При разгрузке состава полувагонов на вагонопрокидывателе электродвигатель перемещает состав по разгрузочному пути и выталкивает выгруженный полувагон из вагонопрокидывателя. Длина прямого участка рельсового подъездного пути к вагонопрокидывателю должна быть не менее 350 м. В начале прямого участка устанавливается стрелочный перевод в тупик для электротолкателя.

Если по экономическим соображениям при разгрузке углей использование локомотива нецелесообразно, применяют маневровые устройства. Наибольшее распространение получили манев-

ровые устройства типа МУ25 и МУ25А. Эти маневровые устройства с тяговым усилием 0,25 МН обеспечивают точную постановку вагонов при достаточно большой скорости перемещения их в зоне вагонопрокидывателя в обоих направлениях.

Конструктивно маневровые устройства отличаются тем, что МУ25А работает на переменном токе, имеет более высокую скорость перемещения и затрачивает меньше времени на операцию перехвата очередного вагона.

Маневровое устройство МУ25 (рис. 4.4) состоит из толкателя 1, передвигающегося по собственному железнодорожному пути 2 с шириной колеи 4255 мм, с таким расчетом, чтобы обычная железнодорожная колея для подачи вагонов в вагонопрокидыватель оказалась внутри его. На уширенной колее устанавливается порталная тележка с внутренним габаритом, обеспечивающим проход всех типов вагонов. Для сцепления с вагоном на порталной тележке имеется поперечная балка, перемещающаяся в вертикальном направлении. В верхнем положении поперечная балка выходит за габариты вагонов и не препятствует его перемещению по рельсам.

Подача вагонов в вагонопрокидыватель производится следующим образом. После доставки для разгрузки состава вагонов на подъездные пути в зону действия толкателя первый вагон отцепляется и толкателем вводится в вагонопрокидыватель, а остальные от него отодвигаются. Для захвата следующего вагона поперечная балка опускается между вагонами до уровня автосцепы и специальным замком соединяется с ним, обеспечивая надежное сопряжение для передачи тяговых усилий в обоих направлениях. Вертикальное перемещение поперечной балки производится с помощью канатного привода с редукторной передачей, установленного на верхней площадке порталной тележки. Продольное перемещение порталной тележки производится канатнополиспастным приводным устройством, состоящим из электродвигателя, двух редукторов с канатоукладчиками, анкерных блоков. Анкерные блоки устройства полиспастной системы установлены на прочных фундаментах в концах железнодорожной колеи, по которой перемещается порталная тележка.

При перемещении состава с очередным отцепленным вагоном к вагонопрокидывателю приводное устройство включается на прямой ход, барабаны наматывают канат из полиспастной системы и толкатель подтягивается к анкерным устройствам, перемещая при этом вагоны, закрепленные на автосцепе посредством поперечной балки. После установки вагона на приемную площадку вагонопрокидывателя поперечная балка поднимается и порталная тележка перемещается к следующему автосцепу для закрепления очередного вагона. Цикл подачи вагона повторяется.

**Железоотделители.** Выгруженная из приемных бункеров горная масса системой ленточных конвейеров направляется на предварительное грохочение, где выделяются крупные классы угля

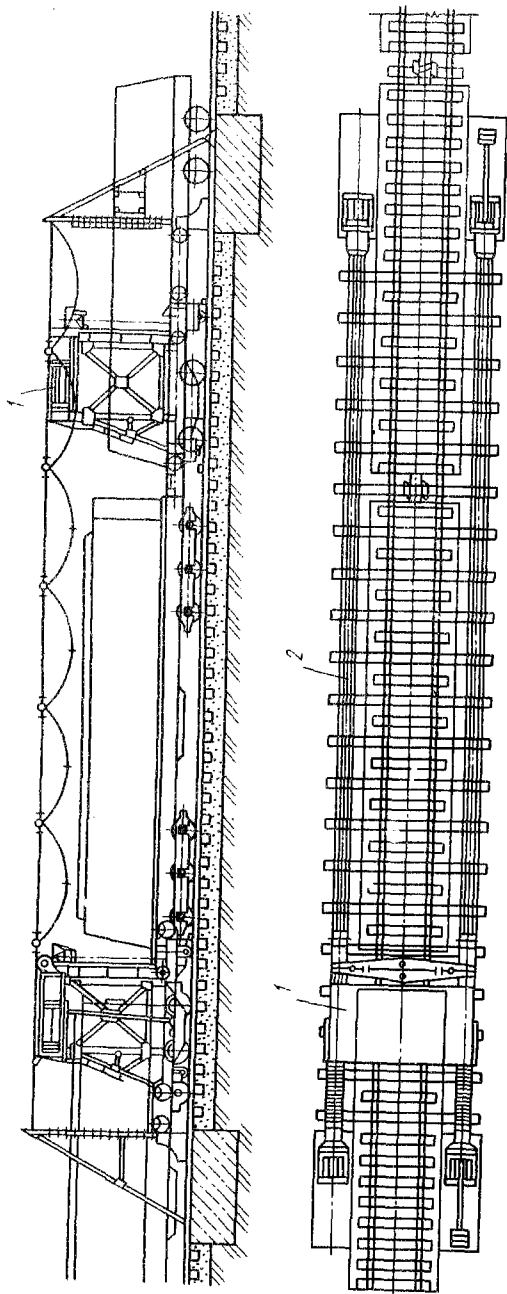


Рис. 4.4. Маневровое устройство МУ25

(150-200 мм) в зависимости от принятого на фабрике метода обогащения.

Перед додраблыванием из крупного угля выделяют посторонние предметы, в основном металл и дерево, после чего он распределяется по бункерам. Эти предметы могут привести к поломкам оборудования или забивке течек. Для удаления металлических предметов из потока угля применяют магнитные железоотделители различного конструктивного исполнения.

Выпускаются они четырех типов: ШЭ (шквив электромагнитный), БЭ (барабан электромагнитный), ЭП (подвесной электромагнитный железоотделитель) и ЭПР (подвесной саморазгружающийся железоотделитель).

Электромагнитные шквивы типа ШЭ устанавливаются в качестве приводного барабана ленточного конвейера, транспортирующего рядовой уголь. Поток материала, перемещаемого ленточным конвейером к месту разгрузки, попадает в магнитное поле, создаваемое электромагнитным шквивом. Железные и стальные предметы притягиваются к поверхности ленты, уносятся под барабан и разгружаются при выходе ленты на прямой участок в отдельный желоб. Эффективность отделения железных и стальных предметов зависит от их магнитной восприимчивости, формы и массы, а также физических свойств транспортируемого материала — плотности, влажности и крупности.

Электромагнитные шквивы предназначены для работы в незапыленных и незагазованных помещениях классов В-Ia и В-IIa. Скорость конвейерной ленты должна быть в пределах 1,25-2 м/с. При меньших скоростях не может быть обеспечен отрыв извлеченного предмета в зоне разгрузки, а при скорости более 2 м/с снижается эффективность извлечения ферромагнитных предметов.

Барабан электромагнитный БЭ, как и электромагнитный шквив, выполнен в виде барабана. Однако он не является конструктивным узлом ленточного конвейера и устанавливается на перепаде рядовой угля как самостоятельный агрегат.

Электромагнитный барабан в зависимости от условий компоновки и влажности транспортируемого материала устанавливается в различных положениях по отношению к ведущему барабану конвейера. Подача рядовой угля на поверхность вращающегося барабана производится по наклонному желобу с соблюдением равномерного распределения материала по ширине барабана. Притянутый к поверхности барабана ферромагнитный предмет при вращении барабана выносится из зоны интенсивного магнитного поля и разгружается в желоб, направляющий выделенные предметы в специальный бункер, а основной поток угля поступает в транспортный тракт.

Подвесные электромагнитные сепараторы ЭП в отличие от барабанных сепараторов и электромагнитных шквивов используют не на перепадах, а на любом участке ленточного конвейера. Ско-

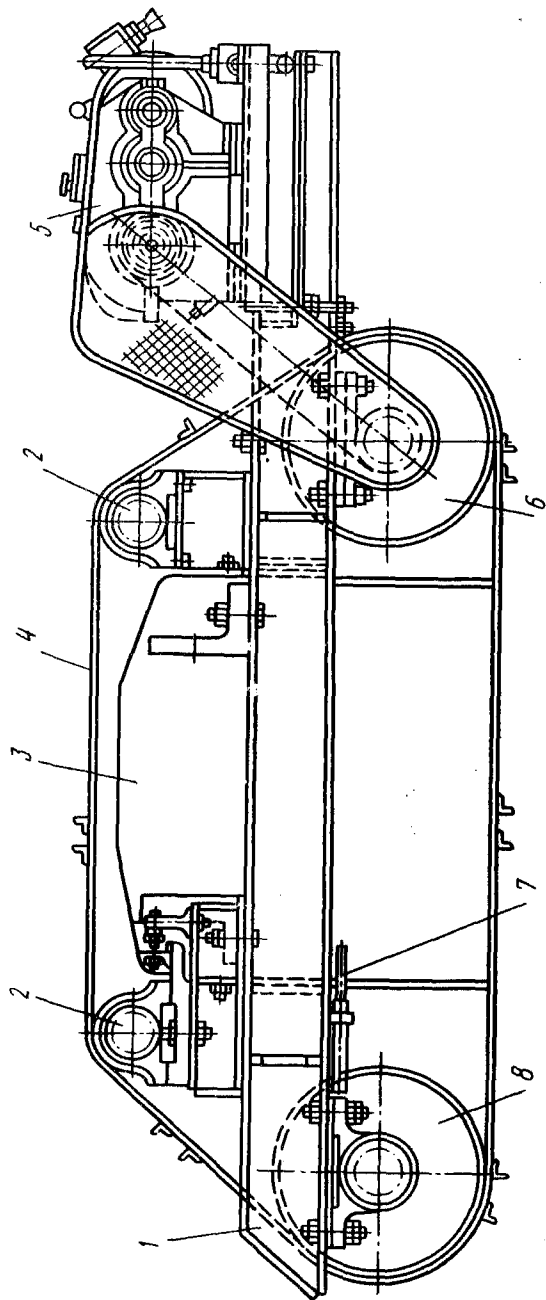


Рис. 4.5. Подвесной саморазгружающийся электромагнитный железобетонный железоделиватель ЭПР

рять ленточного конвейера не должна превышать 2 м/с, а высота слоя угля должна быть не более 150-130 мм.

Для большей эффективности извлечения ферромагнитных предметов из нижних слоев транспортируемого угля в рабочей зоне железобетонного железоделивателя рекомендуется устанавливать специальные роликоопары, встряхивающие ленту. При внезапном отключении питания катушек сепаратора извлеченные ферромагнитные предметы снова падают на ленту и поступают в технологический тракт фабрики, поэтому привод конвейера должен быть заблокирован с источником питания железобетонного железоделивателя. Удаление предметов, выделенных сепаратором, производится вручную периодически, по мере их накопления на полюсных наконечниках.

Подвесные саморазгружающиеся электромагнитные железобетонные железоделиватели ЭПР (рис. 4.5) состоят из рамы 1, верхних барабанов 2, электромагнита 3, разгрузочной ленты 4, привода разгрузочной ленты 5, ведущего барабана 6, натяжных винтов 7 и ведомого барабана 8.

Разгрузочная лента надета на ведущий и ведомый барабан и приводится в движение от редукторного привода. Магнитная система состоит из полюсной скобы, двухсекционной катушки и соединительной коробки. Между потоком транспортируемого материала и полюсами электромагнитной системы находится нижняя ветвь разгрузочной ленты, к поверхности которой притягиваются ферромагнитные предметы. По мере их накопления через равные промежутки времени включается привод и при выходе ленты из зоны интенсивного магнитного поля выделенные предметы разгружаются в специальный бункер. Для захвата и удаления выделенных предметов на ленте предусмотрены скребки в виде угольников.

Применение саморазгружающихся электромагнитных железобетонных железоделивателей снижает трудоемкость обслуживания подвесных сепараторов.

Питание обмоток электромагнитных железобетонных железоделивателей осуществляется постоянным током напряжением 110-220 В (с возможностью регулирования) через выпрямительные устройства типа ВС, устанавливаемые в сухом, защищенном от пыли и газа помещении.

#### 4.4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРИЕМА И ПОДГОТОВКИ УГЛЕЙ К ОБОГАЩЕНИЮ

**Обслуживание вагонопрокидывателя.** Вагонопрокидыватель обслуживают два человека - машинист вагонопрокидывателя и помощник машиниста вагонопрокидывателя, именуемый еще установщик. Машинист и установщик вагонопрокидывателя должны содержать обслуживаемые механизмы в исправности и постоянной готовности к работе. Машинист и установщик вагонопрокидывателя обслуживают вагонопрокидыватель и относящиеся к нему

механизмы, здания и сооружения, где размещены механизмы, участки подъездных путей на входе и выходе из здания вагоноопрокидывателя, электротолкатель и маневровые устройства.

**Прием смены.** Машинист и установщик вагоноопрокидывателя, придя на смену, должны еще до начала работы узнать о всех неполадках в работе оборудования вагоноопрокидывателя в предыдущих сменах и принять меры к их устранению. После этого проверяют исправность машин, механизмов, пусковых устройств, исправность ограждений и заземлений, наличие и исправность противопожарных средств и средств индивидуальной защиты, исправность средств связи и сигнализации, наличие рабочих инструментов и приспособлений, чистоту и освещенность рабочего места, наличие смазки и исправность смазочных устройств, наличие обтирочных материалов, наличие и исправность тормозных башмаков для железнодорожных вагонов, исправность надбункерных решеток, наличие угля в бункерах, в железнодорожных вагонах, ожидаемый подвоз угля.

**Во время работы.** Перед пуском вагоноопрокидывателя в работу машинист и установщик обязаны осмотреть вагоноопрокидыватель и подъездные пути. Особенно тщательно проверяют следующие узлы: зазор между железнодорожным полотном пути и полотном платформы, тормоза, исправность упоров, не заштыбованы ли блоки, состояние концевых выключателей. После внешнего осмотра и устранения неполадок машинист сообщает оператору пульту управления углеподготовки или диспетчеру о готовности вагоноопрокидывателя к работе. В течение смены, во время работы, машинист и установщик следят за нормальной работой механизмов и принимают меры по устранению нарушений в соответствии с действующей на фабрике инструкцией.

В зимнее время нельзя допускать накапливания угля на решетках и в бункере во избежание его смерзания. При возникновении аварийных ситуаций машинист и установщик должны действовать в соответствии с инструкцией. Содержать рабочее место в чистоте, своевременно производить уборку угольной пыли с перекрытий, стен, конструкций и механизмов.

**Сдача смены.** Машинист и установщик обязаны предупредить машиниста и установщика другой смены о замеченных нарушениях в работе оборудования и передать предохранительные средства и защитные приспособления.

Запрещается разгрузка неисправных вагонов вагоноопрокидывателем. Разгрузка неисправных и негабаритных вагонов производится на углеприемной яме, которая предусматривается на всех фабриках, оснащенных вагоноопрокидывателями специально для этих целей. При очистке вагонов от остатков угля вибратором людям запрещается находиться в вагонах.

**Запрещается** установщику или другим лицам: вблизи вагоноопрокидывателя во время его работы; переходить железнодорожные пути во время сигнала о начале маневровых работ; установщику вагоноопрокидывателя до снятия порожнего вагона да-

вать какие-либо сигналы машинисту вагоноопрокидывателя; производить опрокидывание вагона, пока установщик не убедится в надежности крепления вагона; при постановке вагона на площадку вагоноопрокидывателя находится на платформе вагоноопрокидывателя; установщику вагонов управлять вагоноопрокидывателем.

**Обслуживание углеприемных ям.** Углеприемные ямы обслуживает бригада грузчиков, подчиненная мастеру углеподготовки (на членнику смены, оператору).

Для ведения разгрузочных работ должны применяться локомотивы, маневровые устройства с дистанционным или автоматическим управлением (электротолкатели, тягачи и др.) или лебедки. Эксплуатация лебедок допускается только при наличии звуковой и световой сигнализации, надежного ограждения барабанов, исправного каната, прочно закрепленного на барабане лебедки и исправного прицепного устройства на канате. Зацеп железнодорожных вагонов прицепным устройством каната лебедки должен производиться за автосцепку вагона или специальное приспособление. Число одновременно применяемых перемещаемых железнодорожных вагонов должно определяться тяговым усилием лебедки.

Углеприемные ямы должны быть перекрыты прочными металлическими решетками с отверстиями размером не более 300×400 мм и иметь площадку для хождения шириной не менее 600 мм и высотой, обеспечивающей удобное и безопасное открывание и закрывание люков вагонов.

Площадки приемных устройств должны быть оборудованы предупредительной звуковой и световой сигнализацией, оповещающей о перемещении вагонов. Сигнализация включается автоматически перед включением маневрового устройства и должна быть четко слышимой и видимой в местах перехода через железнодорожные пути.

При постановке вагонов локомотивом сигнал о начале движения дает старший рабочий. Выключение сигнализации осуществляется при полной остановке транспортных средств.

Площадки приемных устройств должны быть оборудованы светодором. Перед началом разгрузочных и ремонтных работ должен быть включен красный сигнал светофора, запрещающий подачу железнодорожных вагонов локомотивом.

При приеме смены грузчик обязан проверить: исправность тельферов маневрового устройства, лебедок, состояние канатов, световой и звуковой сигнализации, светофора; чистоту рабочего места, габаритов, состояние рельсовых путей, металлических решеток, освещенность рабочего места, заземление корпусов моторов, кнопок и пр.; наличие защитных средств и средств пожаротушения; исправность инструмента (кувалды, лома, кайло).

**Во время работы.** Прежде чем открывать люки, грузчик обязан убедиться, что на вагоне нет людей. Открывание и закры-

вание люков должно производиться со специальных площадок, расположенных вдоль железнодорожного пути. Закрывание люков должно быть механизировано. Механизмы, применяемые для закрывания люков должны оборудоваться автоматическими выключателями от перегруза и переподъема; при разгрузке стотонных вагонов люки должны открываться одновременно с обеих сторон вагона. Закрывать люки тельфером разрешается только при полной остановке вагона.

Для зачистки вагона, грузчик обязан залезть в вагон через люк (средний) при наличии не менее трех подряд открытых люков с обеих сторон. Спускаться в саморазгружающиеся вагоны разрешается только в присутствии лица, ответственного за разгрузку, и после принятия мер исключающих самооткрывание и самозакрывание люков вагонов.

Для разрыхления смерзшегося угля в вагоне должны применяться вибраторы, виброрыхлители и другие устройства, обеспечивающие безопасность работы. По окончании работы грузчик обязан обесточить все механизмы.

Запрещается обслуживающему персоналу и другим лицам находиться во время работы маневровой лебедки в зоне рабочего каната (между прицепным устройством и барабаном лебедки). Включение и выключение лебедки разрешается только лицу, ответственному за ее обслуживание. После окончания выгрузки, а также подхода локомотива канат лебедки должен быть отцеплен от железнодорожного состава. Запрещается выгрузка угля при поврежденных решетках, находиться людям в вагонах при разгрузке или очистке их от остатков угля вибратором; подниматься на вагон, если контактный провод находится под напряжением; стоять на решетках во время выгрузки угля из железнодорожных вагонов; загромождать проходы между решеткой и надбункерной стеной; находится на вагонах во время открывания люков и при подтягивании или постановке груза на ямы.

Каждый работник, заметивший опасность для жизни людей или движения, должен подать сигнал остановки поезду или маневровому составу.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что входит в задачу подготовки углей к обогащению?
2. Какое оборудование применяется для выгрузки поступающих углей?
3. Какие оборудование и устройства используются в отделениях углеприема и углеподготовки?

## Глава 5

### СПОСОБЫ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ УГЛЕЙ, ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

#### 5.1. СПОСОБЫ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ УГЛЕЙ

Транспортное оборудование выбирается с учетом характеристики угля и продуктов обогащения (гранулометрический состав, влажность, насыпная плотность, сыпучесть, образивность, пылеобразование) с целью обеспечения надежности его работы. По конструктивным признакам транспортные устройства делятся на самотечные и с тяговым органом.

Самотечные устройства представляют собой желоба, трубы, спиральные спуски, устанавливаемые под углом, достаточным для движения материала под действием силы тяжести. При необходимости движение материала обеспечивается потоком воды. При этом угол наклона желоба может быть незначительным ( $3-5^\circ$ ) в зависимости от длины желоба.

Устройства с тяговым органом - это ленточные и скребковые конвейеры, ковшовые элеваторы.

#### 5.2. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Желоба, относящиеся к самотечному транспорту по форме поперечного сечения выполняются прямоугольными, полукруглыми и круглыми.

Для правильного выбора угла наклона желоба необходимо знать коэффициент трения транспортируемого материала. Для сыпучих материалов можно приближенно принимать коэффициент трения о сталь  $f = 0,75 \operatorname{tg} \varphi$ , где  $\varphi$  угол естественного откоса. Угол естественного откоса, это наибольший угол, который образует свободная поверхность сыпучего тела с горизонтальной плоскостью.

Для уменьшения коэффициента трения, а также увеличения срока службы желобов, днища и стенки на  $2/3$  их высоты облицовывают сменными листами из стали, отбеленного чугуна, каменного литья, шлакоситала и утолщенного листового стекла.

Самотечный транспорт широко применяют для межэтажного транспортирования угля и продуктов обогащения, при передаче их с верхних этажей на нижние. Желоба используют также в качестве загрузочных устройств при распределении исходного материала между технологическим оборудованием, при загрузке железнодорожных вагонов.

Для предохранения сортового угля от измельчения при загрузке его в бункера также используют желоба в виде спиральных или каскадных спусков.

Зависимость ширины желобов от размеров кусков транспортируемого материала

Максимальный размер кусков, мм	25	40	65	100	150	250	400
Минимальная ширина желоба, мм	200	300	400	500	600	800	1000

Во избежание повреждения днищ желобов и футеровки на перепадах, в местах падения материала устраивают отбойники, в которых создается постель из транспортируемого материала.

Ленточные конвейеры - наиболее распространенная транспортная установка на углеобогатительной фабрике. В качестве внутрифабричного транспорта чаще применяют стационарные конвейеры с верхними роlikоопорами желобчатого типа и шириной ленты 800, 1000, 1200, 1400, 1600 мм.

Ленточный конвейер представляет собой транспортное устройство непрерывного действия, несущим тяговым органом которого является бесконечная лента, огибающая два или несколько барабанов и поддерживаемая роликками.

Ленточными конвейерами можно транспортировать материал в горизонтальной и наклонной плоскости (вверх или вниз), что осуществимо на одном агрегате. Специальные передвижные (самоходные) конвейеры, перемещающие материал в разные стороны, применяют на фабриках при загрузке бункерных емкостей или отгрузке готовой продукции.

Ленточный конвейер (рис. 5.1) состоит из опорной конструкции (рамы), на которой установлены приводной и натяжной барабаны 2 и 3. Барабаны охватываются бесконечным гибким тяговым органом - конвейерной лентой 1, которая в промежутке между барабанами опирается на поддерживающие роликкоопоры - верхние 4, (обычно желобчатые) и нижние 5, 6 (горизонтальные), смонтированные на раме с определенным интервалом.

Верхняя часть ленты называется рабочей или грузовой, ветвью, нижняя - холостой ветвью. Привод конвейера, состоящий из электродвигателя и редуктора, вращает приводной барабан, который посредством сил трения сообщает поступательное движение конвейерной ленте.

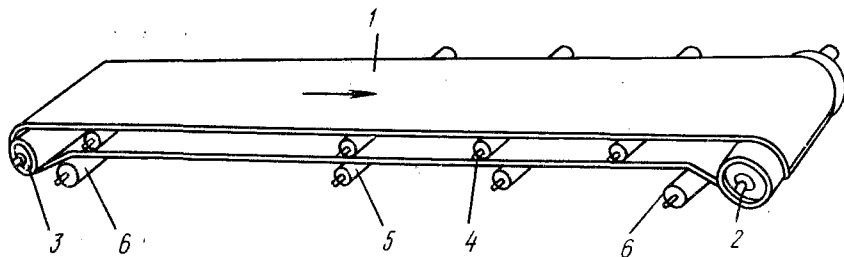


Рис. 5.1. Ленточный конвейер

Транспортируемый материал подается на верхнюю рабочую ветвь через загрузочное устройство. Загрузочные устройства располагают, как правило, в хвосте конвейера, у натяжного барабана. В местах загрузки устанавливают загрузочные воронки или желоба, снабженные направляющими бортами и днищами с наклоном в сторону движения ленты. Материал приобретает некоторую скорость и поступает на ленту почти без удара.

Загрузочные устройства могут быть стационарные и передвижные. Разгрузку конвейера можно осуществить через приводной (головной) барабан или в любом месте по длине конвейера, применяя стационарные щитовые и плужковые сбрасыватели (двух- и одностороннего действия) или сбрасывающие тележки.

Лотковая лента в месте установки щитового сбрасывателя выполаживается путем установки плоских роликкоопор. Скорость ленты при наличии щитовых сбрасывателей принимается 1,25 м/с для мелкого материала, не более 1 м/с для материала средней крупности и не более 0,8 м/с для крупного материала (более 150 мм). Сбрасывающая тележка передвигается вдоль конвейера самостоятельно с помощью индивидуального электропривода и может разгружать конвейер в любом месте. Разгрузка конвейеров с помощью сбрасывателей приводит к увеличению потребляемой мощности и быстрому изнашиванию лент, в связи с чем все большее распространение получают реверсивные передвижные конвейеры с канцевой разгрузкой материала.

Для верхней ветви ленты обычно используют роликкоопоры желобчатой формы, состоящие из трех (пяти) роликов и придающие ленте желобчатую форму. Для нижней ветви ленты всегда применяют плоские роликкоопоры. Расстояние между роликкоопорами выбирается в зависимости от массы транспортируемого материала в пределах 1000-1500 мм для рабочей ветви, для холостой ветви - в два раза больше.

Чтобы не допустить обратного скольжения груза по ленте наклонного конвейера угол его наклона должен быть меньше угла трения материала на 10-15%.

Наибольшие допускаемые углы наклона (градус)	конвейеров с прорезиненной лентой
Уголь рядовой	18-20
Уголь сортировочный, крупнее 13 мм	17-18
Угольная мелочь, менее 6 мм	21-22
Угольная пыль	28
Порода и промпродукт крупные	17-18
Порода и промпродукт мелкие	20-22

Наклонные ленточные конвейеры при углах наклона более 6 градусов оснащаются тормозными устройствами. На наклонных участках конвейеров устанавливают ловители для захвата ленты при ее обрыве. По конструкции ловители могут быть эксцентрикового, клинового и рычажного типа.



Натяжные станции служат для перемещения натяжного барабана и создания такого натяжения ленты, при котором обеспечивается необходимое сцепление с приводным барабаном. Применяют натяжные станции жесткого типа, нерегулируемые (винтовые, лебедочные), грузовые натяжные устройства тележного и рамного типа (натяжение создается под действием веса груза) и автоматические натяжные устройства (перемещение натяжного барабана осуществляется электрической лебедкой, управляемой с помощью датчика натяжения ленты).

В процессе эксплуатации по различным причинам лента конвейера может сходить в сторону. Для самоцентрирования желобчатой ленты длинных конвейеров устанавливают поворотные опоры через пять-шесть обычных опор. Кронштейн самоцентрирующейся опоры имеет шарнир в центре опоры и два вертикальных ролика, установленные на консольных кронштейнах перпендикулярно кромкам ленты. При сходе в сторону лента нажимает на вертикальный ролик и поворачивает ролик-опору на некоторый угол, что заставляет ленту перемещаться в противоположную сторону. Одновременно применяют регулирующие опоры с фиксированным углом поворота, отличающиеся от центрирующих наличием винтового фиксирующего устройства.

Очистка ленты от налипающего на ее поверхность материала осуществляется очистным устройством, устанавливаемым в зоне схода ленты с приводного барабана.

Промышленностью выпускаются конвейерные ленты общего назначения и специальные. На углеобогащительных фабриках, как правило, применяют ленты общего назначения, изготовленные на основе хлопчатобумажных тканей.

Скребокковый конвейер представляет собой транспортное устройство, в котором материал перемещается волочением по неподвижному желобу с помощью бесконечной цепи с прикрепленными к ней скребками.

Скребокковые конвейеры изготавливают с различными шириной и высотой скребка, а также с разным шагом цепи и скребков. Различают скребковые конвейеры с высокими сплошными скребками прерывного волочения и с низкими сплошными скребками сплошного волочения. Желоб скребкового конвейера может быть открытым или закрытым.

На скребковом конвейере материал перемещается по верхней или нижней ветви или по обеим ветвям одновременно в противоположные стороны, подается на конвейер в одном или нескольких пунктах с помощью загрузочных желобов (течек).

Скребокковые конвейеры применяют для транспортирования мелко- и среднекусковых абразивных материалов малой и средней твердости. Производительность конвейеров достигает 700-750 т/ч. Скорость перемещения цепи со скребками шириной 400-1200 мм обычно составляет 0,5-0,63 м/с. Длина конвейеров, применяемых на обогащительных фабриках, достигает 60 м и более.

Материал разгружается в конце желоба или через выпуски в днище, которые закрываются выдвижными шибберными заслонками (ручное открывание или механический привод). Неполное открывание заслонок позволяет выгружать продукт одновременно в нескольких пунктах, что используется для распределения потока материала на несколько машин или бункеров. Шибберные заслонки в зависимости от мощности и назначения конвейеров могут снабжаться электрическими, пневматическими или гидравлическими приводами с дистанционным или ручным управлением.

Различают скребковые конвейеры с высокими сплошными скребками прерывного волочения и низкими сплошными скребками сплошного волочения. Желоб конвейера может быть открытым или закрытым. Полной герметизации подлежат скребковые конвейеры, применяемые для транспортирования высушенного угля или сухого рядового угля.

Скребокковые конвейеры могут иметь в вертикальной плоскости горизонтальные и наклонные участки транспортирования. Максимальный угол наклона для конвейеров, используемых на фабриках, обычно не превышает 25-30°, поскольку с увеличением угла наклона их производительность резко падает (табл. 5.1).

Скребокковый конвейер (рис. 5.2) состоит из открытого желоба, закрепленного на раме. Внутри него перемещается бесконечная тяговая цепь 1 с укрепленными на ней скребками 3. Цепь охватывает приводную 2 и натяжную 4 звездочки. В стационарных конвейерах обычно используют втулочно-роликовые (катковые) цепи.

На обогащительных фабриках широко применяют штампованные разборные цепи. Для транспортирования мелких влажных углей разработан скребковый конвейер с тяговым органом на базе износостойких круглозвенных цепей. На ряде фабрик такие конвейеры находятся в эксплуатации.

Шаг цепи скребкового конвейера принимается в пределах 200-500 мм, шаг скребков обычно равен двойному шагу цепи. К цепям скребки крепятся болтами или заклепками, а также сваркой. Для придания скребкам жесткости (при ширине конвейера

Т а б л и ц а 5.1

Параметры скребковых конвейеров

Параметр	Тип конвейера		
	КСК-6	КСК-8	КСК-10
Производительность, т/ч	250	350	650
Длина, м	60	60	50
Ширина скребка, мм	650	800	1000
Скорость цепи, м/с		0,5-0,63	
Угол наклона, градус		0-30	
Мощность, кВт	40	55	55

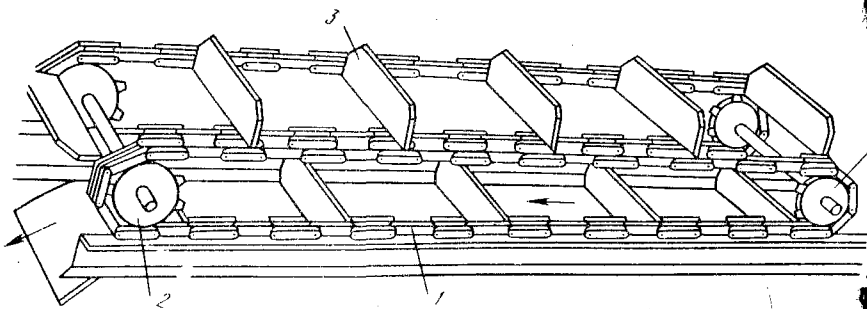


Рис. 5.2. Скребковый конвейер

600 мм и более) приваривают угольник вдоль тыльной стороны скребка. Тяговое усилие передается цепи от электродвигателя и редуктора через звездочку. Натяжение цепи создается винтовым натяжным устройством, перемещающим вдоль оси конвейера, по направляющим, хвостовую звездочку.

Днища скребковых конвейеров и полосы трения, по которым движется тяговая цепь, из-за истирания и коррозии быстро выходят из строя. На фабриках верхние и нижние днища конвейеров футеруют. Для чего используют камнелитые плиты, шлакоцитал, стальные листы, плиты из отбеленного чугуна и др. Полосы трения по мере их износа заменяют. В качестве полос трения применяют обычно полосовую сталь.

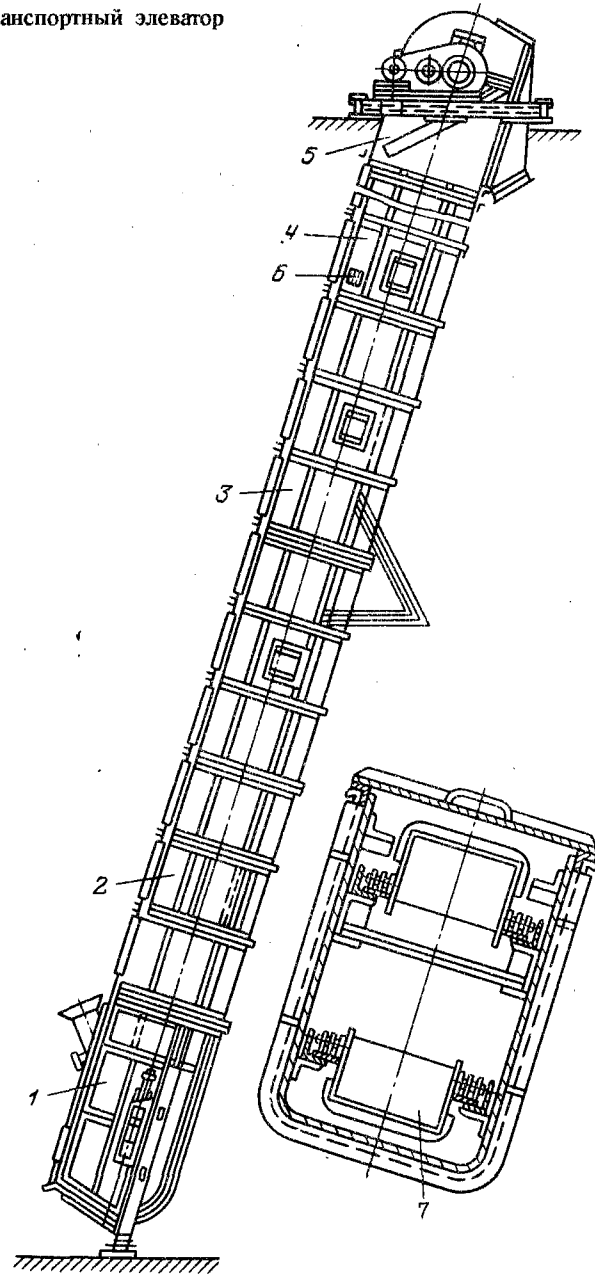
Выпускаемые для угольной промышленности скребковые конвейеры с высокими скребками по последней модификации имеют индекс КСК, вместо КСОС и КСГС, цифрой указывается ширина скребка в дециметрах.

Т а б л и ц а 5.2

Технические характеристики обезвоживающих элеваторов

Параметр	Типоразмер элеватора				
	ЭО-4	ЭО-4С	ЭО-6	ЭО-6С	ЭО-10
Производительность, т/ч	9-38	15-61	19-77	31-123	48-193
Вместимость ковша, л	20	16	50	40	125
Ширина ковша, мм	400	400	650	650	1000
Шаг ковшей, мм	640	320	800	400	800
Скорость движения ковшей, м/с	0,17		0,25		0,38
Масса элеватора:					
при длине 14 м	10,45	11,5	16,63	18,93	22,11
при длине 18 м	13,1	14,15	20,26	25,15	25,96

Рис. 5.3. Транспортный элеватор



**Ковшовые элеваторы** - конвейерные установки непрерывного действия с бесконечной гибкой цепью, перемещающие сыпучий груз в ковшах, жестко прикрепленных к тяговому органу при углах наклона, близких к 90°. Тяговый орган с ковшами огибает верхний и нижний барабаны или звездочки.

Элеваторы делятся: по назначению - транспортные и обезвоживающие (табл. 5.2); по типу тягового органа - ленточные и цепные; по скорости движения - быстроходные и тихоходные; по расположению ковшей - с сомкнутыми и расставленными ковшами; по виду установки - вертикальные и наклонные.

На фабриках применяют элеваторы с цепным тяговым органом.

**Транспортный элеватор** (рис. 5.3) состоит из следующих частей: бесконечной тяговой цепи с ковшами 7, приводной секции со звездочками и разгрузочным желобом 5, натяжной секции (башмак) со звездочками и загрузочным желобом 1, промежуточных секций 2, 3 и 4, датчика скорости 6.

**Багерэлеваторы** представляют собой разновидность обезвоживающих элеваторов и используются как для обезвоживания, так общешламования угля или продуктов обогащения.

Загрузка ковшей элеватора производится путем подачи материала в загрузочный башмак. Ковши заполняются зачерпыванием материала со дна башмака. У элеваторов с сомкнутыми ковшами основная масса груза засыпается непосредственно в ковши, а груз, просыпающийся в нижнюю часть башмака, зачерпывается ковшами.

Разгрузка тихоходных элеваторов, обычно применяемых на фабриках, самотечная и происходит под действием силы тяжести в отводящий желоб.

Для предотвращения самопроизвольного движения цепи с ковшами в обратную сторону при внезапной остановке из-за отключения электродвигателя, в приводных станциях элеваторов применяют храповые остановки, стопорные или другие устройства.

С целью недопущения падения цепи в случае ее порыва, элеваторы оснащаются специальными устройствами - ловителями цепи.

### 5.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Эксплуатация транспортных средств - машин, установок и устройств - должна быть направлена на поддержание их надежности и работоспособности. К обслуживанию установок допускаются лица, прошедшие техминимум и сдавшие экзамены по своей профессии, технике безопасности и промсанитарии.

Обслуживание конвейеров, элеваторов предусматривает управление и контроль за их работой, профилактические осмотры, регулировку, смазку, выполнение графика планово-предупредительного ремонта.

При обслуживании транспортного оборудования необходимо соблюдать следующие правила:

пуск механизмов должен производиться в установленной последовательности - направление пуска должно быть противоположно направлению движения потока материала. Несоблюдение установленного порядка может привести к подаче материала на неработающий механизм и, следовательно, к образованию завалов;

при аварийной остановке одного из механизмов во избежание завала должны останавливаться все механизмы, подающие на него материал и, наоборот, могут продолжать работать все последующие механизмы, чтобы освободиться от находящегося на них материала;

в обычных условиях последовательность остановки механизмов должна быть обратной последовательности пуска;

электрическая схема управления транспортным оборудованием должна предусматривать возможность пуска любой отдельной машины непосредственно с места. Для аварийной остановки ленточные конвейеры оборудованы устройствами, позволяющими аварийно останавливать привод конвейера с любого места по всей длине со стороны обслуживания (например тросиковый останок);

перед пуском машины необходима подача предупредительного сигнала. Перед началом работы осматривают и смазывают машину. При осмотре проверяют состояние подводящих электрокабелей, пусковых и предохранительных устройств, электродвигателей. Проверяют также состояние подшипников, редукторов, зубчатых и ременных передач, натяжных устройств, тяговых органов, загрузочных и разгрузочных желобов;

по окончании осмотра опробуют оборудование на холостом ходу и при необходимости регулируют ход и натяжение тяговых органов (транспортной ленты, скребковой цепи, приводных барабанов и звездочек).

Правильно организованное обслуживание транспортного оборудования обеспечивает бесперебойную работу всего технологического комплекса фабрики.

**Самотечный транспорт.** В процессе работы необходимо тщательно следить за равномерным поступлением материала в желоб, не допуская перегрузов во избежания заштыбовки их и образования заторов.

В процессе эксплуатации желоба интенсивно изнашиваются, поэтому необходимо постоянно проверять состояние футеровки их днищ и стенок. Для предотвращения налипания влажного угля на стенки желобов, замедляющего движение материала, предусматривается обогрев их паром или электричеством. В транспортных желобах с небольшим углом наклона, для гидропульпы, рекомендуется применение предохранительных решеток из круглого железа с очком 150×150 мм для предотвращения выноса случайно сорвавшихся частей футеровки в последующие емкости, что может забить выпускные устройства.

Учитывая, что эксплуатация винтовых и каскадных спусков в погрузочных бункерах происходит в тяжелых условиях, необходимым постоянный контроль и своевременный ремонт их. Принимая во внимание неуправляемость самотечного транспорта, обслуживающий персонал обязан с особой тщательностью соблюдать правила безопасности при их эксплуатации.

Преимущества самотечного транспорта состоят в простоте конструкции, отсутствии затрат на электроэнергию, относительно высокой производительности.

Ленточные конвейеры. При обслуживании ленточного конвейера необходимо соблюдать следующие условия.

Произвести внешний осмотр узлов и механизмов конвейера, ограждений, заземлений. Травмоопасными узлами ленточного конвейера являются все вращающиеся части привода, барабаны, ролики, а также конвейерная лента. Приводные, натяжные и отклоняющие барабаны ограждаются таким образом, чтобы исключить доступ к ним обслуживающего персонала. На приводе конвейера ограждению подлежат соединительные муфты, зубчатые и ременные передачи, концы валов, выступающие шпонки и прочие вращающиеся части.

Рабочая зона реверсивных конвейеров по периметру имеет ограждение высотой не менее 1,2 м от уровня пола. Двери в нем должны иметь блокировку, обеспечивающую отключение привода конвейера при их открывании. Места подвески грузов тяжелых устройств и проходы около них подлежат ограждению. Выступающие над проходами и проездами части конвейера подлежат ограждению снизу путем устройства навесов.

Не допускать просыпания транспортируемого материала. Основные условия правильной эксплуатации следующие: загрузка материала по центральной оси ленты, предупреждение попадания на ленту посторонних предметов и негабаритных кусков груза, регулирование центрального хода ленты, контроль за состоянием поддерживающих роликов и стыковых соединений ленты, эффективная очистка ленты и своевременная уборка просыпей. Просыпание транспортируемого материала на пол происходит при ненормальной работе конвейера, чаще всего из-за перегруза или схода ленты на одну сторону. Особенно опасным является попадание крупных кусков материала между лентой и барабаном, могущее привести к повреждению ленты. Во время работы конвейера категорически запрещается очищать барабаны и ролики, ремонтировать и заменять детали, устранять буксование ленты посредством песка, опилок и др.

Контролировать степень нагрева подшипников, электродвигателя, редуктора. Не следует допускать остановок под нагрузкой, так как пуск загруженного конвейера вызывает повышенные нагрузки на электродвигатель, привод и ленту и может привести к аварии на нем.

Конвейерная установка должна быть остановлена при обнаружении следующих неисправностей: стук в редукторе привода,

пробуксовка ленты на приводном барабане, повреждение стыкового соединения, смещение ленты и трение ее о конструкции рамы. Для контроля работы ленточных конвейеров устанавливаются датчики скорости. Ролик датчика соприкасается с чистой стороной ленты в месте сбегания ее с приводного барабана. При снижении скорости ленты до 75% номинальной (пробуксовка или разрыв ленты) автоматически отключается двигатель конвейера.

Эксплуатация скребковых конвейеров должна обеспечивать поддержание их в исправном и работоспособном состоянии. Обслуживание конвейеров предусматривает контроль за их работой, профилактические осмотры, регулировку, смазку, выполнение планово-предупредительных ремонтов. Необходимо тщательно осматривать конвейер в начале каждой смены. Особое внимание уделять проверке состояния тяговых цепей, мест соединения скребков с цепями.

При монтаже и наладке конвейера большое значение придается правильному первоначальному натяжению скребковой цепи. Ослабление натяжения или неправильное натяжение правой и левой ветвей цепи нарушает нормальное зацепление ее со звездочками и приводит к выходу из зацепления. Чрезмерное натяжение цепи приводит к увеличению нагрузок на подшипниковые узлы и способствует преждевременному выходу ее из строя.

В связи с тем, что в процессе эксплуатации цепь вытягивается, в первый месяц работы конвейера регулировка натяжения цепи должна производиться два раза в неделю, а в обычных условиях эксплуатации натяжение цепи следует регулировать два раза в месяц. При обнаружении неисправностей в работе конвейер должен быть остановлен для их устранения. Не рекомендуется останавливать загруженный конвейер.

В случае внезапной остановки скребкового конвейера под нагрузкой, перед запуском его необходимо освободить от транспортируемого материала во избежание больших перегрузок тяговых цепей и привода. Эксплуатационная надежность скребкового конвейера в значительной мере зависит от качества выполнения монтажных и наладочных работ.

В связи с тем, что тяговые цепи работают без смазки, в процессе эксплуатации значительному износу от истирания подвержены планки, ролики, втулки (отверстия в планках из круглых превращаются в овальные). В случаях несвоевременного проведения планово-предупредительных ремонтов, наступает угроза аварийной остановки конвейера из-за разрушения цепи в местах повышенного ее износа даже при незначительных колебаниях нагрузки в сторону ее увеличения. Несвоевременная замена изношенных полос трения также может послужить причиной порыва тяговой цепи и аварии. Восстановление разорванной скребковой цепи сопряжено с трудностями освобождения ее от транспортируемого материала и укладкой на направляющие короба, особенно в случаях перекосов и деформации звеньев.

В процессе эксплуатации возможна остановка конвейера из-за заклинивания тяговой цепи крупным куском транспортируемого материала или посторонним предметом. В таких случаях необходимо тщательно осмотреть обе ветви цепи и полость короба, выяснить и устранить причину остановки и только после этого включать конвейер в работу.

Ковшовые элеваторы на углеобогатительных фабриках работают в очень тяжелых условиях, что обуславливает повышенные требования к их эксплуатации. Обязательно соблюдение графика планово-предупредительного ремонта и смазки узлов элеватора. Необходимо ежемесячно определять состояние ковшовой цепи (места соединения звеньев, крепление ковшей), при осмотре фиксируя замеченные нарушения принимать меры. Деформированные ковши, изношенные участки скребковой цепи должны быть своевременно заменены при очередных планово-предупредительных ремонтах.

Загрузка элеваторов должна быть равномерной в соответствии с его паспортной производительностью. Чрезмерная нагрузка, т.е. завал нижней части башмака элеватора материалом при водит к перегрузке электродвигателя и механических узлов элеватора. Перегрузка элеватора является главной причиной аварий (порыва ковшовой цепи или вывода из строя электродвигателя).

Обезвоживающие элеваторы эксплуатируются в комплексе с отсасочными машинами или как основные агрегаты багер-зумпфов. Контроль за состоянием ковшовой цепи и загрузкой ковшей несколько облегчен, в связи с использованием открытых секций корпуса в надводной части элеватора. В процессе работы обезвоживающего элеватора контролируется также качество обезвоживания транспортируемого материала. При нарушениях режима работы обезвоживающего элеватора, как обезвоживающего агрегата принимаются меры к снижению нагрузок или изменению состава шихты.

Наличие открытых секций в корпусе элеватора предъявляет повышенные требования к персоналу в части соблюдения правил безопасности. Во избежание несчастных случаев ни в коем случае *недопустимы* попытки забора материала из движущихся ковшей вручную или с помощью каких-либо приспособлений.

Запуск обезвоживающих элеваторов под нагрузкой, также как и транспортных, не рекомендуется в связи с неизбежными большими перегрузками его основных узлов и возможными поломками.

Современные обезвоживающие элеваторы имеют ковши специальной конструкции с водоотводящими козырьками, исключающими заливку ниже расположенных ковшей. У этих элеваторов угол наклона короба может приниматься  $75^\circ$ , против обычного угла наклона до  $70^\circ$ . Для обезвоживания материал в ковшах должен быть выдержан определенное время. Скорость движения ковшовой цепи принимается  $0,25-0,3$  м/с для крупного материала и  $0,15-0,2$  м/с для мелкого материала, а также конечных

продуктов обогащения (породы и промпродукта). Возможны увеличения скорости движения ковшей до  $0,35-0,5$  м/с, в тех случаях когда необходимо транспортировать мокрый материал и степень обезвоживания не имеет значения. В башмаке обезвоживающего элеватора вместо звездочки может устанавливаться оттяжной барабан, загрузка ковшей происходит зачерпыванием.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Виды и назначение транспортного оборудования, применяемого на углеобогатительных фабриках.
2. Принцип работы и основные части ленточных конвейеров.
3. Принцип работы и основные части скребковых конвейеров.
4. Назначение и основные части ковшовых элеваторов и их назначение.
5. Основные правила обслуживания транспортного оборудования фабрик.

## Г л а в а 6

### ДРОБЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ

#### 6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Дроблением называют процессы разрушения кусков полезных ископаемых на более мелкие части путем приложения внешних сил для преодоления внутренних сил сцепления. При дроблении полезных ископаемых (в частности, углей) должен соблюдаться принцип - не дробить ничего лишнего. Переизмельчение связано не только с дополнительными затратами электроэнергии и материальных средств, но и одновременным увеличением затрат на процесс обогащения угля. Особенно велики затраты на вспомогательные операции при обогащении угольной мелочи - обезвоживание, фильтрование, сушку продуктов обогащения, регенерацию оборотных вод.

Оценка результатов дробления производится по степени дробления. Степень дробления определяется по формуле

$$i = D_{cp}/d_{cp},$$

где  $D_{cp}$  и  $d_{cp}$  - средневзвешенный диаметр исходного материала и дробленого продукта.

Для определения среднего арифметического размера зерна рекомендуется формула:

$$D_{cp}, d_{cp} = (l + b)/2; \text{ или } D_{cp}, d_{cp} = (l + b + h)/3;$$

где  $l$  - длина;  $b$  - ширина;  $h$  - высота зерна.

Точность, получаемая при расчетах по этим формулам, вполне достаточная в промышленных условиях.

Дробление, как правило, является подготовительной операцией и применяется для додрабливания крупных кусков угля

после выборки из него посторонних предметов и с целью уменьшения его верхнего предела по крупности. Реже дроблению подвергается крупный промежуточный продукт перед подачей его на переобогащение.

Способы дробления выбираются в зависимости от физико-механических свойств и крупности исходного материала. Основные способы дробления, на которых основывается работа дробилок, следующие:

раздавливание - для крупного и среднего дробления твердого угля и пород;

раскалывание - для крупного дробления хрупких углей с целью получения меньшего выхода мелочи;

удар - для мелкого дробления угля и промежуточного продукта (при этом получается большое количество мелочи);

истирание для тонкого измельчения угля и продуктов обогащения.

Основные физико-химические свойства угля, влияющие на выбор типа дробилки, - плотность, твердость, прочность.

*Плотность угля* - это отношение сухой массы угля к массе такого же объема воды при температуре 20° С. Плотность угля зависит от степени его углефикации.

*Твердость угля* определяется сопротивляемостью его разрушению или деформации под действием сосредоточенных на небольшом участке поверхности сил.

Классификация это операция разделения сыпучих материалов по крупности на просеивающих поверхностях. Зерна материала размер которых больше размера отверстия сита, остаются на сите, а зерна меньших размеров проваливаются через отверстия. Материал, поступающий на грохочение, называется исходным, остающийся на сите - надрешетным продуктом, проваливающийся через сито - подрешетным продуктом. При последовательном просеивании материала на ситах, один из продуктов просеиваемого материала служит исходным для последующего просеивания.

Смесь зерен определенного диапазона крупности называется *классом крупности*. Их принято обозначать следующим образом: зерна материала крупнее  $d$  мм обозначают  $+d$ , зерна, крупность которых менее  $d$  мм обозначается  $-d$ , зерна в интервале крупности от  $d_1$  до  $d_2$  обозначаются  $d_1-d_2$ , зерна в интервале от 0 до  $d$ :  $0 - d$ . Классы крупности угля, являющиеся готовыми товарными продуктами, называют *сортами*.

Машины и устройства, применяемые для классификации углей называются *грохотами*. Грохот может иметь одну или несколько просеивающих поверхностей - сит, установленных в одном или нескольких коробах, совершающих качательные или встряхивающие движения. В некоторых конструкциях грохотов просеивающая поверхность образуется вращающимися дисками, валиками, шнеками, расположенными в одной плоскости. Просеивающая поверхность может создаваться из натянутых на раму струн (прово-

лока, трос, резиновый жгут). Для рассева горной массы или крупнокускового угля используют неподвижные решета, собранные из колосников специального профиля, полосового железа и др. Решета устанавливают с уклоном, достаточным для свободного скольжения по ним материала. Различают грохочение следующих видов:

предварительное - отделение крупных кусков из рядового угля (горной массы) для выборки из них посторонних предметов, а также очень крупной породы перед додробливанием;

подготовительное - получение различных классов крупности с целью отдельной обработки, обусловленной требованием технологии;

окончательное - получение сортов угля или антрацита, отвечающих требованиям стандартов, технических условий;

вспомогательное - для предварительного отделения мелких классов, которые нецелесообразно направлять в дробилку или при отгрузке сортового угля потребителю.

Грохочение применяют при обезвоживании (для удаления основной массы воды), обесшламливания, отделении суспензии от конечных продуктов обогащения.

По последовательности выделения классов крупности грохочение может вестись от крупного к мелкому, от мелкого к крупному и комбинированное. При грохочении от крупного к мелкому сита располагают одно под другим. Верхнее сито имеет наибольшие отверстия. Преимущества этого способа заключаются в незначительном измельчении угля, меньшем износе сит, повышении качества грохочения. Из недостатков главные: сложность конструкции грохота и трудоемкий ремонт. При грохочении от мелкого к крупному сита располагают последовательно и движение материала происходит от сит с меньшими отверстиями к ситам с большими отверстиями. Достоинства этого способа - облегчается надзор за работой грохота, упрощается замена сит. Основные недостатки: излишнее измельчение крупных классов, пониженное качество грохочения, быстрый износ сит. На углеобогатительных фабриках принято грохочение от крупного к мелкому.

## 6.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМ СОСТАВЕ УГЛЕЙ

Уголь (горная масса) представляет собой смесь зерен различной крупности (от сотен миллиметров до долей микрометра). Распределение зерен (кусков) по крупности в массе, характеризующее выходом в процентах от массы, называют *гранулометрическим составом*.

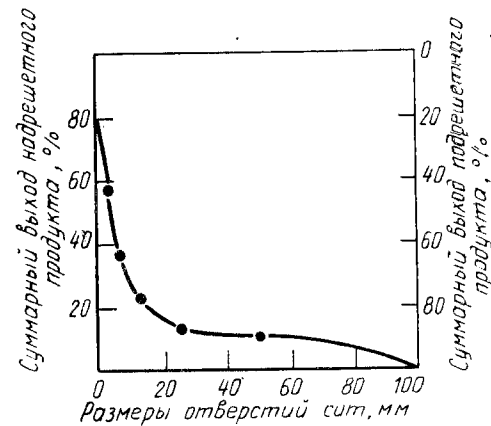
Результаты анализа материала по крупности дают возможность определить эффективность работы обогатительного оборудования, грохотов, сгустительных устройств и др.

Гранулометрический состав углей определяют ситовым анализом проводимым в соответствии с ГОСТ 2093. Для ситового анализа используют пробы, отобранные по ГОСТ 10742. Масса пробы для ситового анализа зависит от крупности наибольшего куска в пробе. Рассев угля крупностью 3 мм и более или 1 мм и более ведут на грохотах или вручную. Уголь крупностью 3 мм и менее или 1 мм и менее рассеивается на механическом встряхивателе *сухим* или *мокрым способом*. Рассев начинают на сите с наибольшим размером отверстий. Сита применяют с проволочными сетками и листовые с квадратными и круглыми отверстиями. Угли с повышенной влажностью, препятствующей разделению частиц, перед рассевом сушат на воздухе или в сушильном шкафу. При размере кусков в пробе более 100 мм всю массу пробы рассеивают. Оставшуюся пробу допускается сокращать до массы, указанной в методике. Куски размером более 25 мм могут разбираться вручную на уголь, сrostки и породу.

Ситовый анализ производят в помещении, защищенном от атмосферных осадков и ветра. Все классы взвешивают и определяют их выход в процентах. Данные рассева заносят в таблицу (табл. 6.1). Для наглядного представления полученных результатов строят *кривую гранулометрического состава*.

По данным таблицы строят кривую гранулометрического состава (рис. 6.1). При построении кривой в линейной системе координат на левой оси ординат снизу вверх откладывают в масштабе суммарный выход надрешетных продуктов, на правой оси ординат сверху вниз откладывают суммарный выход подрешетных продуктов, а на оси абсцисс слева направо откладывают значения нижних пределов крупности классов в миллиметрах. Полученные на пересечении координат точки соединяют плавной кривой, которую заканчивают в точке, соответствующей крупности максимального куска топлива. По этой кривой определяют

Рис. 6.1. Кривая гранулометрического состава



выход любого класса не вошедшего в таблицу результатов ситового анализа.

Гранулометрический состав угля крупностью менее 3 мм или 1 мм определяют рассевом его в высушенном виде на механическом встряхивателе с использованием стандартного набора сит. Выход классов определяют как отношение массы данного класса и суммарной массе всех полученных классов крупности. Если пробу предварительно подсушивали, то массу отдельных классов приводят к влаге исходного угля.

Кривая гранулометрического состава может быть построена в логарифмической системе координат, что делает кривую более спрямленной. По спрямленной кривой можно определить выход классов крупностью более максимального и менее минимального размеров отверстий сит, использованных для испытаний.

Т а б л и ц а 6.1

Данные для построения кривой гранулометрического состава

Класс крупности, мм	Масса, кг	Выход класса, %	Суммарный выход подрешетного продукта, %	Зольность, %
50-100	71,1	11,1	11,1	16,1
25-50	17,30	2,7	13,8	21,5
13-25	59,55	9,3	23,1	19,0
6-13	89,0	13,9	37,0	20,1
3-6	121,7	19,0	56,0	20,7
1-3	99,9	15,6	71,6	24,4
0-1	181,95	28,4	100,0	26,5

В с е г о 640,5 100,0 - 22,2

### 6.3. РАБОЧИЕ ПРОСЕИВАЮЩИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ

Сита, решета или колосниковые решетки являются просеивающей поверхностью грохотов. Изготавливают сита из проволоки, стальных листов и колосников различного профиля. Проволочные сита делают с квадратными, прямоугольными или щелевидными отверстиями. Размеры отверстий сит стандартизованы.

Различают сита тканые, сборные из рифленых проволок и сварные. Тканые сита изготавливают простого плетения (каждая проволока основы переплетается с каждой проволокой утка) и саржевого плетения (проволоки основы и утка переплетаются через две).

Сборные сита изготавливают из стальной проволоки: частично рифленые (проволока утка имеет изгиб рифления в месте

переплетения), рифленые (изгиб имеют проволоки основы и утка) и сложно рифленые (проволоки основы и утка имеют дополнительные изгибы рифления). В крупных сетках проволоки в местах перекрещивания сваривают. Срок службы проволочных сит зависит от износостойкости и диаметра проволоки, нагрузки и свойств грохотимого материала, а также способа крепления сит. Для улучшения работы проволочных сит и повышения их долговечности они должны быть хорошо натянуты и закреплены. Способы крепления сит разработаны и рекомендуются заводами-изготовителями грохотов, а также отраслевыми научно-исследовательскими институтами.

Отношение суммарной площади отверстий сита в свету к общей площади сита, выраженное в процентах, называют *коэффициентом живого сечения*. Для сеток с квадратными отверстиями живое сечение (%) определяется по формуле

$$L = \frac{100l^2}{(l+a)^2} = \frac{1}{(l+a/l)^2} 100,$$

где  $a$  - диаметр проволоки, мм;  $l$  - размер отверстий, мм. Для сеток с прямоугольными отверстиями размером  $l \times b$  (длина и ширина) живое сечение определяется по формуле

$$L = \frac{lb}{(b+a)(l+a)} 100.$$

Листовые сита применяют для предварительного и подготовительного сухого и мокрого грохочения.

Сита из стальных листов изготавливают методом штамповки на заводах, выпускающих грохоты, ремонтно-механических предприятиях и ЦЭММ.

Отверстия в листе круглой или прямоугольной формы размещают в шахматном порядке, что обеспечивает несколько большее живое сечение. Сита для обезвоживания имеют щелевидные отверстия, более эффективные при обезвоживании. Листовые сита унифицированы. Размеры квадратных отверстий нужно выбирать из ряда 5; 6; 10; 13; 14; 16; 20; 25; 32; 35; 37; 40; 50; 60; 65; 70; 75; 80; 100; 150 мм. Диаметры круглых отверстий соответствуют ряду 7; 12; 15; 18; 20; 24; 26; 30; 32; 40; 47; 50; 60; 75; 82; 90; 95 мм. Для изготовления сит с отверстиями менее 10 мм используется лист толщиной 4-6 мм, для сит с отверстиями 40-80 мм - 8-10 мм.

Преимуществом листовых сит являются продолжительный срок службы и способность выдерживать высокие нагрузки, недостаток - малое живое сечение.

Колосниковые решетки собирают из колосников или стержней специального профиля, которые располагают параллельно и скрепляют между собой. Размер отверстий решетки определяется шириной щели в свету между колосниками. Колосниковые решетки часто собирают на месте из имеющихся в наличии материалов.

По колосниковой решетке уголь перемещается под действием

силы тяжести, мелкий уголь проваливается через щели, а остаток - надрешетный продукт сходит в нижнем конце. Угол наклона колосниковой решетки принимается 30-35°. При повышенной влажности материала угол наклона решетки увеличивается на 5-10°.

Щелевидные сита, применяемые для обезвоживания и мелкого грохочения, изготавливают из проволоки, имеющей круглые петли и прямоугольные участки. Щели образуются за счет того, что толщина проволок на прямолинейных участках меньше ширины петель. Сборная сетка плотно стягивается гайками. Для повышения износостойкости металлических сит их изготавливают из холоднокатанной стальной углеродистой пружинной проволоки и высокомарганцевистой стали.

На углеобогатительных фабриках для отсева влажных мелких углей применяют специальные рассеивающие поверхности.

Сита струнные из резины предназначаются для классификации мелких влажных углей. Рабочая поверхность грохота изготавливается из резинового шнура и промежуточных поддерживающих планок для обеспечения необходимого шага между резиновыми струнами. Шаг между резиновыми шнурами может изменяться от 3 до 4 мм. Диаметр шнура выбирается в зависимости от крупности и производительности грохота (например 6,5; 10; 12; 15 мм). Натяжение резинового шнура допускается на 25-35% от его первоначальной длины. Срок службы просеивающей поверхности увеличивается против обычных в 15-20 раз.

Сита струннотросовые с поперечным расположением струн. Просеивающая поверхность грохота образована из отдельных секций. Секции свариваются из уголкового стали, они имеют специальные стойки с гребенками. Пазы в гребенках прорезают с определенным шагом, в зависимости от задаваемой щели между струнами. Струны изготавливают из стального троса ( $d = 2,2 \div 2,8$  мм), опрессованного по концам стальными наконечниками. Натяжение и установку струн в пазы секций производят специальным ключом. Применяют и другие способы крепления струн. Производительность грохотов, оснащенных струннотросовыми ситами, возрастает в 2-3 раза, а срок службы просеивающей поверхности увеличивается в 8-9 раз.

Наряду с тросовыми ситами промышленное применение имеют просеивающие поверхности из стальной проволоки. Струны натягивают вдоль короба грохота на специальных опорах. На балках жесткости короба грохота монтируются опоры для струн, состоящие из металлических рёск с пазами для укладки струн. Для классификации углей по граничному зерну 13 мм размер щели между струнами принимают 11 мм. Проволочно-струнное сито легко очищается от налипшего материала и обеспечивает высокую удельную производительность грохота.

Сита из листовой резины толщиной 3-6 мм предназначены для грохочения углей по граничной крупности 6-13 мм. Их изготавливают из рулонной износостойкой листовой резины путем пер-



форации ее на прессах, предназначенных для штамповки стальных листов. Сита могут быть установлены на всех серийно выпускаемых грохотах с использованием подситников. Промышленными испытаниями сит для отсева антрацита класса 0-6 мм установлено, что просеивающая поверхность практически не забивается, а содержание мелких классов в надрешетном продукте уменьшается. Срок службы сит по сравнению с серийными ткаными проволочными увеличивается в 40-50 раз.

#### 6.4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Применяемые конструкции грохотов могут быть подразделены на следующие группы: неподвижные колосниковые, валковые, цилиндрические, вибрационные, инерционные, инерционные самобалансовые, гидравлические, шнековые. В зависимости от плотности грохотимого материала (1; 1,6; 2,7 т/м<sup>3</sup>) грохоты изготавливают трех типов: легкие, средние и тяжелые. В соответствии с ГОСТ 23788 тип и исполнение грохота обозначаются буквенной аббревиатурой и цифровыми показателями. Например ГИСЛ72 обозначает: грохот инерционный самобалансный, легкого типа, ширина сита 2500 мм, двухситный.

Неподвижный колосниковый грохот для сухого грохочения представляет собой решетку собранную из колосников 1, скрепленных между собой поперечными стержнями 3 и гайками 2. Решетка установлена под углом к горизонту (рис. 6.2). Колосниковые грохоты, как правило, применяют для предварительного крупного грохочения. Размеры колосниковых грохотов определяют крупностью наибольших кусков материала, условиями компоновки. Длину решетки рекомендуется делать не менее двойной ширины. Размер отверстий решетки обычно не менее 50 мм, угол наклона 35-45°. Исходное питание подается на верхний конец решетки, мелочь проваливается сквозь щели, а крупный сходит

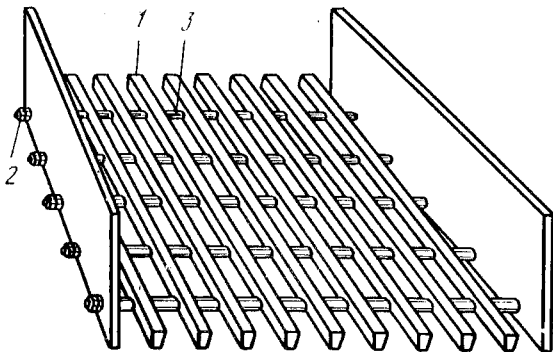


Рис. 6.2. Неподвижный колосниковый грохот

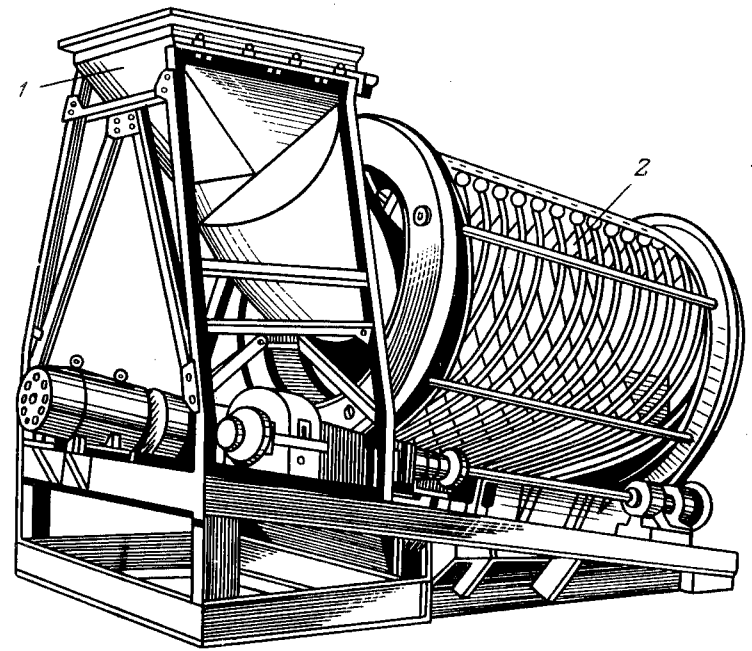


Рис. 6.3. Цилиндрический грохот ГЦЛ

в нижнем конце. Колосниковый грохот для материала крупностью менее 100 мм может быть установлен в днище самотечного транспортного желоба или в днище скребкового конвейера.

Преимущества колосниковых грохотов: простота конструкции, надежность и долговечность. Недостаток - низкий КПД особенно при влажных слипающихся углях.

Цилиндрические грохоты ГЦЛ (рис. 6.3) применяют для предварительного грохочения рядового угля крупностью до 500 мм после удаления из него случайных кусков дерева и металла. Рабочая поверхность грохота представляет собой цилиндр, образованный многозаходной спиралью, расстояние между витками которой определяет крупность подрешетного продукта. Ось цилиндра имеет наклон к горизонту. С одной стороны цилиндр опирается на приводные, а с другой - на опорные катки, укрепленные на раме грохота. Привод барабана фрикционный. Приводные катки вращаются электродвигателем через редуктор. Упорные катки предотвращают сдвиг цилиндра по оси. Грохот огражден пылезащитным кожухом, в котором имеются лазовые и смотровые люки, фланцы для подключения к вытяжной вентиляции. Грохот устанавливается непосредственно на раме, без специального фундамента. Преимуществами грохота являются: простота конструкции, надежность в эксплуатации, высокая

производительность. Недостаток - низкая эффективность грохочения из-за попадания в подрешетный продукт крупных кусков продолговатой формы.

#### Технические характеристики грохотов типа ГЦЛ

Типоразмер . . . . .	ГЦЛ-1	ГЦЛ-3
Максимальная производительность, т/ч . . . . .	400	1000
Максимальная допустимая крупность, мм . . . . .	200	500
Рабочая длина цилиндра, мм . . . . .	1500	2500
Диаметр рабочей поверхности (вн.), мм . . . . .	1200	1700
Ширина щели между витками рабочей поверхности, мм . . . . .	50; 70; 100	100; 150; 200
Угол наклона цилиндра к горизонту, градус . . . . .	8	8
Частота вращения цилиндра, мин <sup>-1</sup> . . . . .	11	9,25
Габариты, мм:		
длина . . . . .	3750	5700
ширина . . . . .	1750	2000
высота . . . . .	2400	3460
Масса, т . . . . .	3,2	9

Грохоты инерционные ГИТ (рис. 6.4) предназначены для предварительного грохочения по крупности 50 мм и более сыпучих материалов с насыпной плотностью до 2,8 т/м<sup>3</sup>. Грохот состоит из корпуса 1 с ситом 3, вибратора 2, привода и пылезащитного укрытия. Предусмотрено применение различных просеивающих поверхностей: просеивающие плиты, решета с квадратными и круглыми отверстиями, рамочные сита. Вибратор состоит из дебалансного вала, опирающегося на закрепленные в корпусе подшипники, шкива и маховика с дебалансами, при помощи которых регулируется амплитуда колебаний. При вращении вала вибратора короб с ситом колеблется в вертикальной плоскости по траектории, близкой к окружности, радиус которой равен амплитуде колебаний корпуса. Грохоты ГИТ являются наиболее надежными из инерционных грохотов. Короба грохотов изготавливают из толстолистового проката, а детали корпуса соединяются высокопрочными болтами.

#### Технические характеристики инерционных грохотов типа ГИТ

Типоразмер . . . . .	ГИТ51А	ГИТ71
Производительность, т/ч:		
по углу (100×100 мм) . . . . .	250-350	до 700
по сланцу (100 мм) . . . . .	-	до 900
Максимальная крупность кусков в питании, мм . . . . .	400	1100
Размер сит, мм:		
ширина . . . . .	1750	2500
длина . . . . .	3500	5000
Число сит . . . . .	1	1
Частота колебаний сита, мин <sup>-1</sup> . . . . .	600-750	650
Амплитуда колебаний сита, мм . . . . .	4-7	6
Угол наклона сита к горизонту . . . . .	10-18	10-30
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	20	30

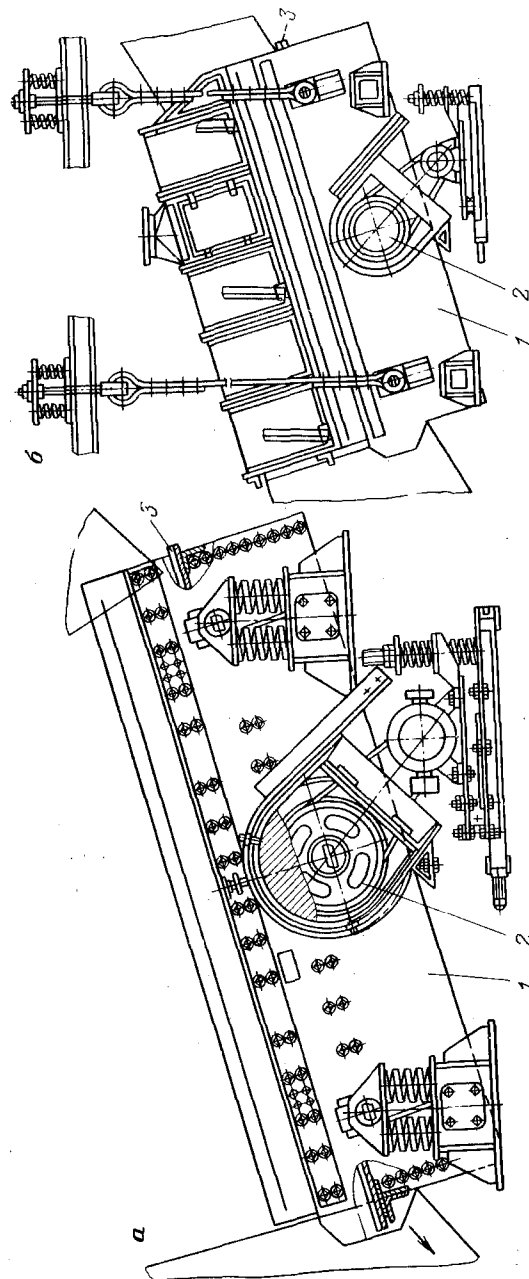


Рис. 6.4. Грохот инерционный ГИТ

Габариты, мм:		
длина . . . . .	4045	5340
ширина . . . . .	3275	3370
высота . . . . .	2400	2450
Масса грохота без электродвигателя, т . . . . .	6,25	11,1

Грохот ГИТ51 выпускается в опорном и подвесном исполнении, ГИТ71 - в опорном исполнении.

Для подготовительного, окончательного и обезвоживающего грохочения на углеобогатительных фабриках используют, в основном, инерционные грохоты легкого типа.

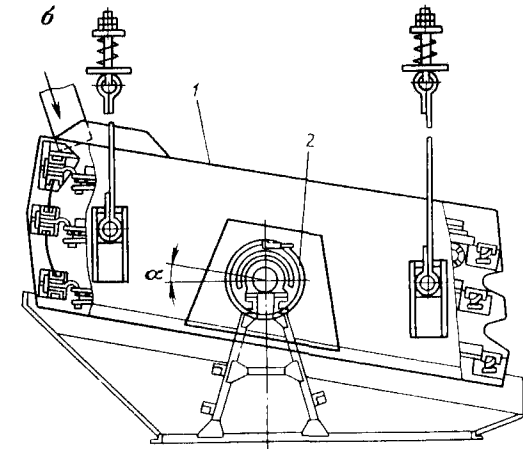
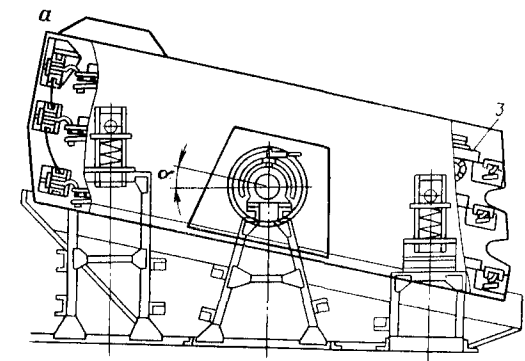
Грохоты инерционные ГИЛ (рис. 6.5) применяют для подготовительного и окончательного грохочения. По принципу работы грохоты ГИЛ подобны грохотам ГИТ и состоят из аналогичных сборочных единиц. Корпус короба 1 имеет боковины с накладными листами в местах крепления вибратора 2, поперечные связи из труб, концевые связи-балки из фасонного проката. Вдоль боковин корпуса короба с внутренней стороны приварены полосы, которые лежат на поперечных трубах. Полосы предназначены для крепления к ним сит 3. С наружной стороны короба к боковинам прикреплены цапфы для установки грохота на опоры или подвески его. Грохоты ГИЛ42 и ГИЛ52 имеют два яруса сит, а грохот ГИЛ43 - три. Пылезащитный кожух устанавливается над коробом грохота.

#### Технические характеристики инерционных грохотов типа ГИЛ

Типоразмер . . . . .	ГИЛ32А	ГИЛ42	ГИЛ43	ГИЛ52
Максимальная крупность кусков в питании, мм . . . . .	100	150	150	150
Размеры сит, мм:				
длина . . . . .	2500	3750	3750	4500
ширина . . . . .	1250	1500	1500	1750
Число сит . . . . .	2	2	3	2
Размеры отверстий сит или ширина щелей, мм . . . . .	3-25	6-50	6-50	6-100
Частота колебаний сита, мин <sup>-1</sup> . . . . .	1200	900-1000	900-1000	900-1000
Амплитуда колебаний сита, мм . . . . .	2,5	3-3,5	3-3,5	2,5-3
Угол наклона сита к горизонту, градус . . . . .	10-25	10-25	10-25	10-25
Мощность электродвигателя, кВт. . . . .	4,5	10	10	10
Габариты, мм				
длина . . . . .	3077	4295	4265	5050
ширина . . . . .	1674	2860	2770	3110
высота . . . . .	1640	2710	2660	2910
Масса грохота без электродвигателя, т . . . . .	1,45-1,53	3,07	3,95	5,0

Грохоты инерционные с самосинхронизирующимся вибратором ГИСЛ (рис. 6.6) предназначены для сухого и мокрого подготовительного грохочения углей, антрацитов и сланцев, обезвоживания продуктов обогащения, обесшламливания, отделения

Рис. 6.5. Грохот инерционный ГИЛ



суспензии и отмывки утяжелителя. Грохот отличается простотой конструкции и удобством эксплуатации.

Короб грохота 3, который установлен на четырех опорах 7 или подвесках для подвесного исполнения, совершает направленные колебательные движения в вертикальной плоскости под действием центробежной силы инерции, возникающей при вращении в противоположные стороны эксцентричных грузов (дебалансов), установленных на двух параллельных валах вибратора 6. Траектория движения короба представляет собой прямую линию, наклоненную под углом 45° к плоскости сит. Валам вибратора передается вращение двумя электродвигателями 4 через эластичную муфту 5.

Эффективность работы грохотов улучшается при установке брызгальных устройств 1, которые используются для промывки материала. Верхнее сито 2 состоит из секций, которые крепятся в коробе деревянными брусками, клиньями и дополни-

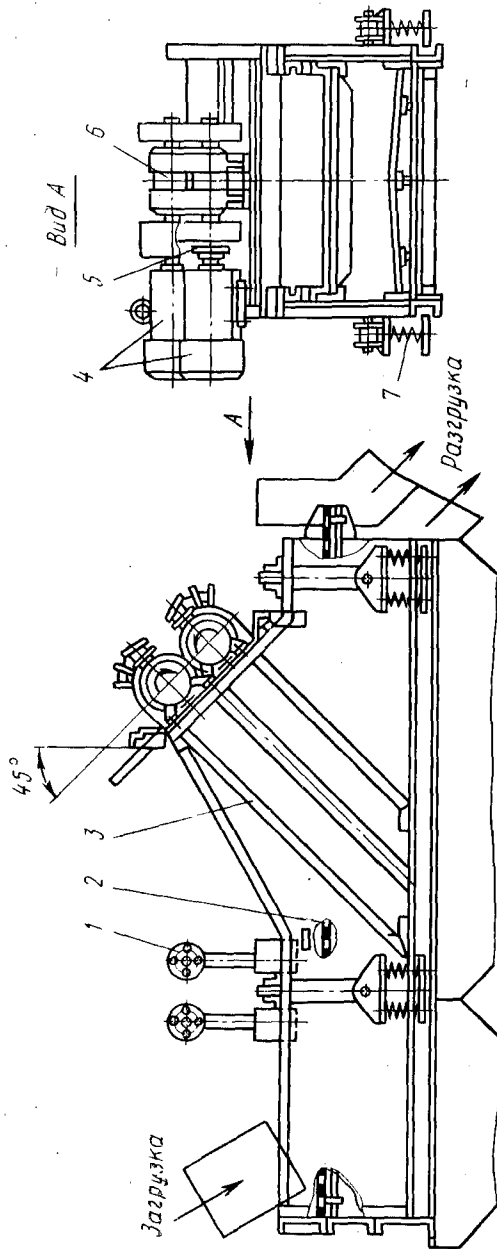


Рис. 6.6. Грохот инерционный с самосинхронизирующимся вибратором ГИСЛ

тельно болтами. Нижнее щелевидное сито ложится на связывающие балки и крепится также.

Технические характеристики грохотов ГИСЛ

Типоразмер . . . . .	ГИСЛ62	ГИСЛ72	ГИСЛ82
Максимальная крупность кусков в питании, мм . . . . .	300×300×600	300×300×600	300×300×600
Размеры сит, мм:			
ширина . . . . .	2000	2500	3000
длина . . . . .	5000	6000	7000
Число ярусов сит . . . . .	2	2	2
Амплитуда колебаний, мм . . . . .	6	6	6
Частота колебаний, мин <sup>-1</sup> . . . . .	735	735	735
Угол наклона, градус . . . . .	0-25	0-25	0-25
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	17×2	22×2	40×2
Габарит колеблющейся части грохота, мм:			
длина . . . . .	5670	6980	7650
ширина . . . . .	2700	3720	3742
высота . . . . .	2690	2500	2562
Масса грохота без электродвигателей, т . . . . .	8,7	11,6-12,7	18,4-18,9

Гидрогрохот ГГЛ (рис. 6.7) предназначен для мокрого подготовительного грохочения каменных углей и антрацитов на углеобогатительных фабриках с глубиной обогащения 0-0,5 мм. Грохот успешно применяется для подготовки машинных классов перед их обогащением в отсадочных машинах. Для подготовки крупного машинного класса перед обогащением в минеральных суспензиях устанавливается в комплексе с подвижным грохотом, используемым для обесшламливания.

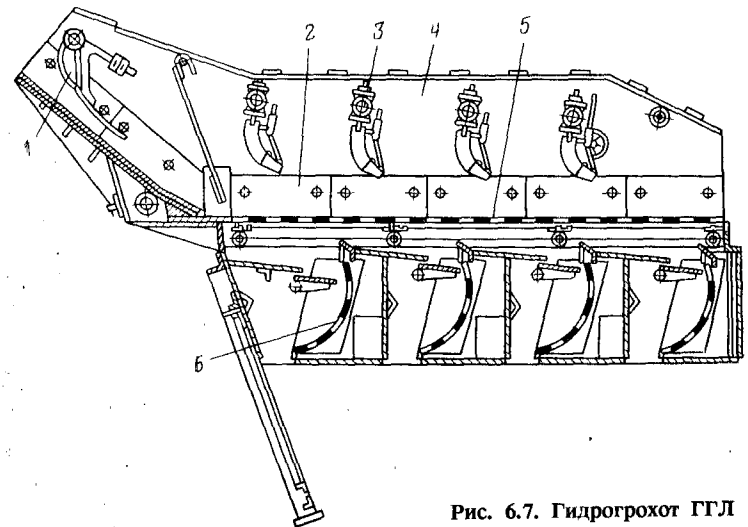


Рис. 6.7. Гидрогрохот ГГЛ

Гидрогрохот - это стационарный аппарат, включающий загрузочное устройство с разравнивателем 1, корпус 4 с неподвижной просеивающей поверхностью 5. На боковинах аппарата расположены консольные трубы с соплами для подачи воды 3. Гидрогрохот также снабжен продольными регулировочными направляющими 2 и противоразбрызгивающим укрытием. В нижней части корпуса находится поддон для сбора подрешетного продукта с встроенными дуговыми ситами 6. Рядовой уголь подается в загрузочную часть, где происходит его смешивание с водой, и полученная гидропульпа со скоростью 2,5-3,5 м/с поступает на неподвижную просеивающую поверхность. Под действием давления воды, подаваемой консольными соплами, происходит разделение исходного угля на два продукта. Преимущества гидрогрохотов: простота конструкции, высокая производительность, отсутствие движущихся частей, электропривода, отсутствие вибраций и динамических нагрузок на конструкции.

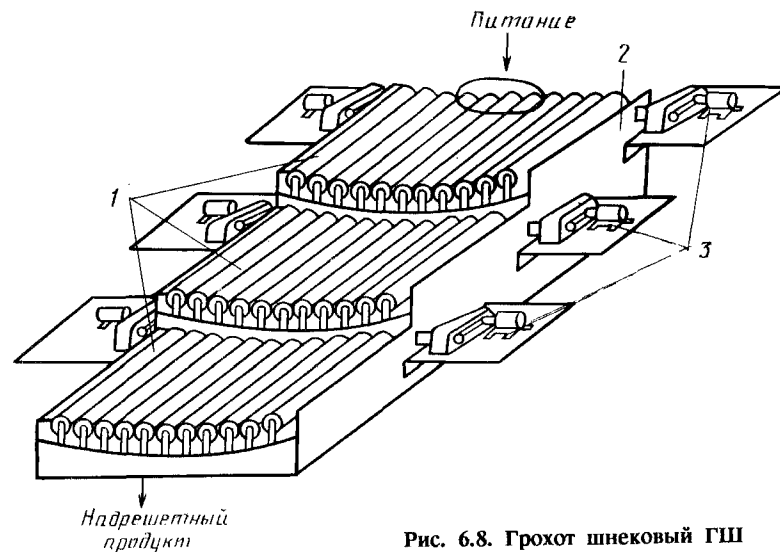


Рис. 6.8. Грохот шнековый ГШ

**Технические характеристики гидрогрохотов**

Типоразмер . . . . .	ГГЛ	ГГЛЗ	ГГН2,7
Производительность по рядовому уголю, т/ч . . . . .	До 800	Выше 500	До 800
Максимальная крупность кусков в питании, мм . . . . .	300	300	300
Размер щелей колосниковых сит, мм . . . . .	5-18	5-18	5-18
Площадь просеивающей поверхности, м <sup>2</sup> . . . . .	4,2	4,2	2,7
Максимальный удельный расход воды, м <sup>3</sup> /т . . . . .	1,5	1,5	1
Давление воды, не менее, МПа . . . . .	0,1	0,1	0,1
Габариты, мм:			
длина . . . . .	4735	5425	5550
ширина . . . . .	1920	1920	1670
высота . . . . .	3250	4585	4300
Масса гидрогрохота в сборе, т . . . . .	5,2	8,1	6,5

Грохоты шнековые ГШ (рис. 6.8) предназначены для отсева по крупности 13 (25) мм высоковлажных углей сухим способом. Грохот состоит из трех взаимозаменяемых секций-каскадов одинакового исполнения. Секция представляет собой ряд валов-шнеков 1 с двухзаходной правой и левой навивкой витков, установленных на передней и задней опорах в двухсферических подшипниках качения, которые помещены на раме 2. Крутящий момент передается от электродвигателя 3 на валы-шнеки рабочей поверхности грохота клиноременной передачей и шкивом, закрепленным на хвостовике приводного бортового вала, от которого через систему шестерен приводятся в движение все валы секции.

Приводные и промежуточные шестерни шнековых валов каждой секции помещены в герметичный редуктор с жидкой смазкой. Отверстия рабочей поверхности образуются витками валов-шнеков с возможностью переналадки их с размеров 25 и 50 мм соответственно на 50 и 100 мм и т.д. Горная масса перемещается

ребрами валов шнеков с одновременным отсевом подрешетного продукта, при этом рабочая поверхность очищается от налипших частиц. Грохот обеспечивает высокую эффективность грохочения и не создает динамических нагрузок на перекрытие.

**Технические характеристики грохотов типа ГШ**

Типоразмер . . . . .	ГШ1500	ГШ1000
Производительность, т/ч . . . . .	500	1000
Крупность исходного материала, мм, не более . . . . .	300	400
Влажность исходного материала, % . . . . .	Без ограничений	
Эффективность грохочения, %, не более . . . . .	90	95
Ширина щели, мм. . . . .	До 300	До 400
Угол наклона рабочей решетки, градус . . . . .	0	0
Длина вала шнека, мм . . . . .	1500	
Форма вала . . . . .	Цилиндрический двухзаходный шнек	
Ширина рабочей поверхности, мм . . . . .	2000	
Площадь рабочей поверхности, м <sup>2</sup> . . . . .	9	
Высота перепада между каскадами, мм . . . . .	600	
Частота вращения валов-шнеков, мин <sup>-1</sup> . . . . .	475	
Скорость транспортирования горной массы, м/с 0,57 . . . . .	1,04	
Установленная мощность привода, кВт . . . . .	6×7,5	6×10
Масса грохота с приводом, т . . . . .	7	11,6

Барабанные грохоты-дробилки ДБ (рис. 6.9) предназначены для механизации процесса удаления из горной массы крупной породы и посторонних предметов. Барабанная дробилка ДБ состоит из барабана 1, опорных роликов 3, привода 5, кожуха 2, загрузочного и разгрузочного желобов, опорной рамы 4. Бара-

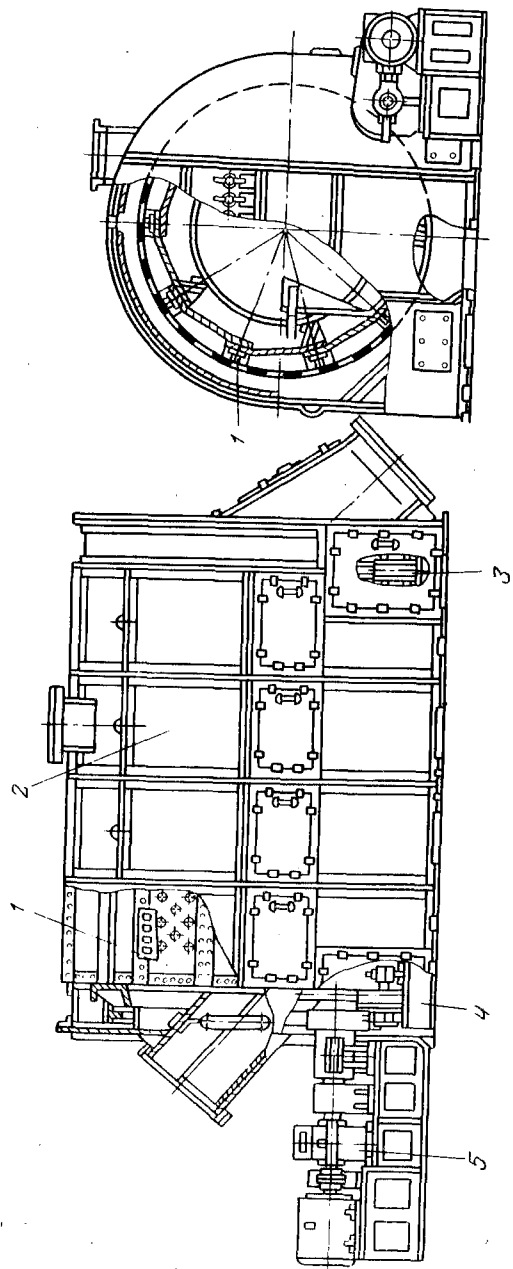


Рис. 6.9. Барабанный грохот-дробилка ДБ

бан состоит из двух фланцев, зубчатого венца, продольных балок и штампованных решет. Внутри барабана установлены поднимающие полки и разгрузочные лопатки. Принцип действия дробилки основан на использовании эффекта избирательного дробления, который достаточно высок для угля и породы. Горная масса по загрузочному желобу поступает внутрь вращающегося барабана и поднимается полками. При свободном падении и ударе о решета дробилки уголь разрушается и просеивается через отверстия сита, а недробящиеся предметы и твердые куски, размеры которых больше отверстия сит, перемещаются полками вдоль барабана и выбрасываются лопатками в разгрузочный желоб.

Технические характеристики грохотов-дробилок

Типоразмер . . . . .	ДБ22	ДБ28	БГД-26×60
Производительность, т/ч . . . . .	.130; 200; 250; 400	240; 300; 550; 750	400; 550; 650; 2000
Крупность загружаемого материала, мм . . . . .	.До 600	До 800	До 1000
Диаметр отверстий решет, мм . . . . .	.50; 80; 100; 150	50; 100; 200; 300	100; 150; 200; 300
Размеры барабана, мм:			
диаметр . . . . .	.2200	2800	2560
длина . . . . .	.2800	4500	6000
Частота вращения барабана, с <sup>-1</sup> . . . . .	.0,27	0,26	0,23
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	20	50-75	75
Масса, т . . . . .	.19	30,8	42,3

#### 6.5. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КЛАССИФИКАЦИЮ УГЛЕЙ

Эффективностью грохочения называют выраженное в процентах или в долях единицы отношение массы подрешетного продукта к массе нижнего класса в исходном материале.

Эффективность грохочения (%) по нижнему классу определяется по формуле

$$E = \frac{\alpha \cdot \vartheta}{\alpha(100 \cdot \vartheta)} 10^4,$$

где  $\alpha$  - содержание нижнего класса в исходном материале, %;  $\vartheta$  - содержание нижнего класса в надрешетном продукте, %.

Нижним классом называют материал, крупность которого меньше размера отверстия сита грохота.

На процесс грохочения влияет целый ряд факторов, зависящих как от физических свойств исходного материала, так и конструктивных особенностей применяемого оборудования. Из факторов, связанных с исходным материалом, основными являются: насыпная плотность и форма частиц, гранулометрическая характеристика угля и поверхностная влага. Особенно сильное влияние оказывает повышенное содержание внешней влаги, вы-

зываются слипание мелких частиц между собой, налипание их на крупные куски, забивание отверстий сит. В результате большое количество мелких зерен остается в надрешетном продукте. Наличие в исходном угле глинистых включений даже при незначительной влажности затрудняет процесс грохочения.

Эффективность грохочения каменных углей марок С, Ж, К, Т при влажности более 6% резко падает, что является одной из причин перехода к мокрому грохочению при подготовительной классификации.

Практика грохочения показывает, что зерна, диаметр которых меньше трех четвертей отверстия сита, легко проходят сквозь сито. Их называют "легкими". По мере приближения диаметра зерна к диаметру отверстия сита, зерна становятся "трудными". Эффективность грохочения по "трудным" зернам определяется по общей формуле

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 - \vartheta_1}{\beta_1 - \vartheta_1} \frac{\beta_1}{\alpha_1} 100,$$

где  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\vartheta_1$  - содержание заданного класса крупности ("трудных") зерен соответственно в исходном материале, подрешетном и надрешетном продуктах.

Производительность грохота почти прямо пропорциональна ширине сита. Увеличение длины сита повышает вероятность прохождения сквозь него, главным образом увеличивая эффективность грохочения при незначительном повышении производительности грохота. Отсюда выведена эмпирическая зависимость - оптимальная длина сита должна быть в 2-3 раза больше ширины его.

Производительность грохота находится в прямой зависимости от размера отверстий сита, т.е. крупности разделения. Одновременно увеличение диаметра проволоки тканых сит, или увеличение высоты колосника щелевидных сит (решет) снижает производительность грохота.

Наиболее точное разделение материала дают круглые отверстия. Просеивающие поверхности со щелевыми прямоугольными отверстиями имеют относительно большое живое сечение, менее склонны к забиванию, однако точность разделения на них ниже, чем на ситах с квадратными отверстиями.

Частота вибраций сита должна уменьшаться (вибрационные, инерционные грохоты), а амплитуда колебаний его возрастать по мере увеличения крупности разделения.

Максимальная скорость грохочения обеспечивается при толщине слоя в загрузке, не превышающей четырехкратного размера отверстия сита для материала с насыпной плотностью 1600 кг/м<sup>3</sup> и более или 2,5-3 кратной для материала с насыпной плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> и выше.

Увеличение наклона просеивающей поверхности способствует ускорению прохождения материала по ситам и увеличению производительности грохота, однако при прочих равных условиях,

эффективность грохочения будет ниже, чем на ситах с меньшим углом наклона.

В связи с тем, что серийно выпускаемые грохоты не решают полностью проблемы классификации мелких влажных углей отраслевыми институтами совместно с производственными постоянно ведутся работы по созданию грохотов новых, оригинальных конструкций. К таким конструкциям можно отнести грохот ГЭДП для сухого грохочения каменных углей и антрацитов, ДКВ4,5 для грохочения бурых углей марки 1Б на углебрикетных фабриках и др.

## 6.6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ УГЛЕЙ, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Щековая дробилка ЩДП (рис. 6.10) предназначена для дробления горной массы крупностью более 150 мм. Рама дробилки выполнена из стальной отливки. Передняя стенка 1 выполняет роль неподвижной щеки, подвижная щека 2, подвешена на оси 3. На эксцентриковый вал 4 подвешен шатун 6, получающий при вращении вала возвратно-поступательное движение в вертикальном направлении. В гнездах шатуна находятся вкладыши, в которые вставлены концы распорных плит 7 и 8. Внутренняя поверхность 6 передней и боковых стенок корпуса, а также подвижная щека футеруются сменными плитами из марганцовистой стали. При ходе шатуна вверх угол между распорными плитами увеличивается и подвижная щека приближается к неподвижной. При ходе шатуна вниз подвижная щека отходит под действием силы тяжести и буферной пружины с тягой 9 (шкив - 5).

### Технические характеристики щековых дробилок типа ЩДП

Типоразмер	ЩДП-9×12	ЩДП-12×14	ЩДП-15×21
Производительность, м <sup>3</sup> /ч, не менее	160	280	450
Наибольший размер исходного материала, мм	750	1000	1200
Размеры приемного отверстия, мм:			
ширина	900	1200	1500
длина	1200	1500	2100
Ширина выходной щели, мм	130	150	180
Диапазон регулирования, мм	±35	±40	±45
Ход щеки, мм	30	32	44
Число ходов подвижной щеки	210(170)	150	125(100)
Угол захвата, градус	22	24	23
Мощность электродвигателя, кВт	100	160	250
Габариты, мм:			
длина	5300	6400	7500
ширина	6000	6800	7000
высота	4000	5000	6000
Масса (без электродвигателя), т	60	140	245

Рис. 6.10. Щековая дробилка ПДП

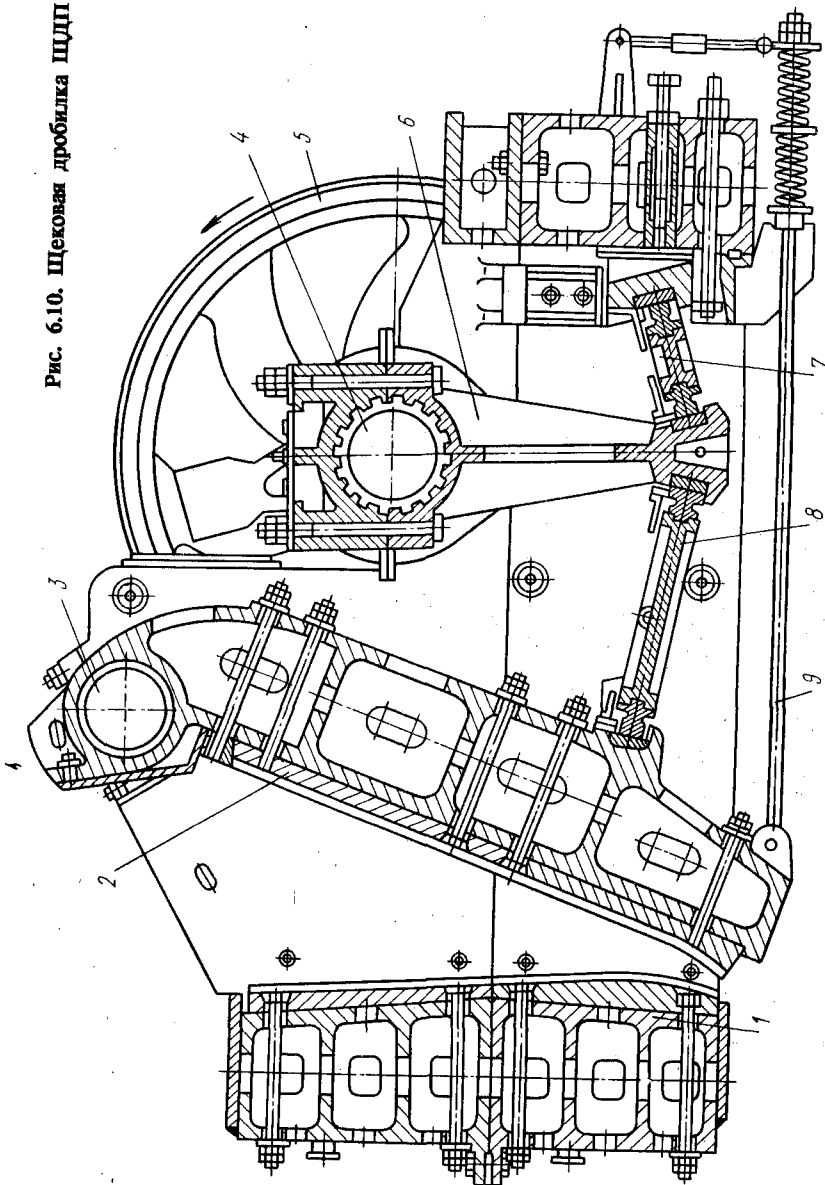
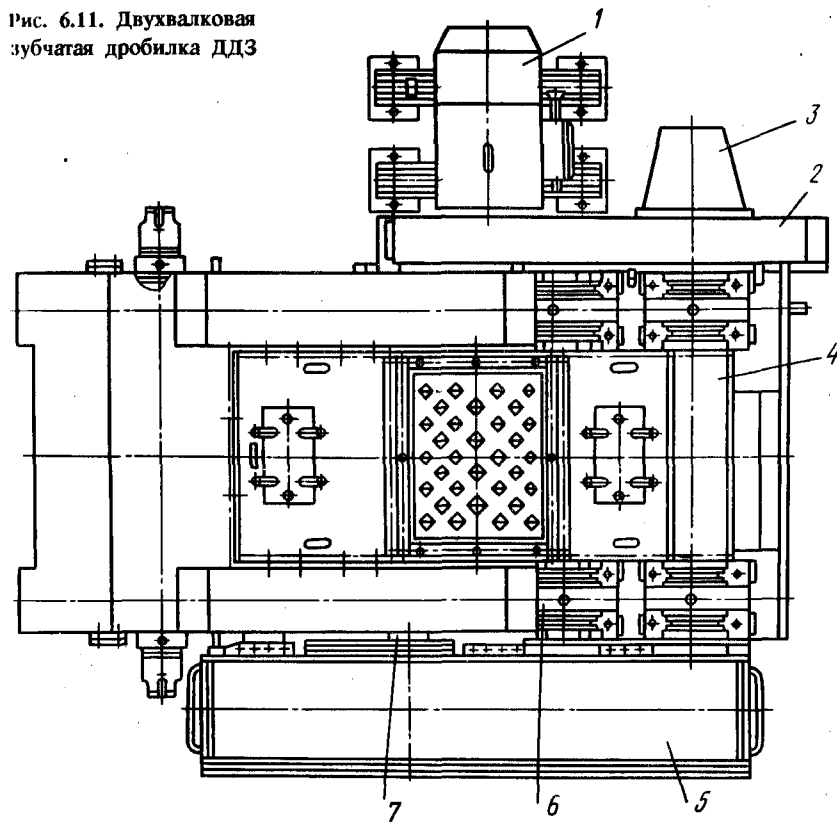


Рис. 6.11. Двухвалковая зубчатая дробилка ДДЗ



Двухвалковые зубчатые дробилки ДДЗ (рис. 6.11) применяют для крупного и среднего дробления рядовых углей, антрацита и горючих сланцев с примесями крупнокусковой породы с коэффициентом крепости до 6 по шкале М.М. Протодьяконова. Устроена и работает дробилка следующим образом. От электродвигателя 1, через клиноременную передачу 2, шариковую муфту 3, приводной вал 4 и редуктор 5 вращение передается неподвижному 6 и подвижному 7 зубчатым валкам.

При попадании недробимого предмета подвижный валок, связанный прижимным и амортизирующим устройством отходит назад на 300–450 мм, пропуская недробимый предмет, а затем возвращается в исходное положение. Исходный материал захватывается вращающимися навстречу друг другу двумя валками с зубчатыми бандажами и раскалывается зубьями. Крупность дробленого продукта регулируется установкой соответствующих сегментов с зубьями и изменением зазора между валками от 50 до 150 мм с помощью подвижного валка, соединенного с амортизирующим уст-



Т а б л и ц а 6.2  
Технические характеристики валково-зубчатых дробилок ДДЗ

Параметры	ДДЗ4 "Кальмиус-4"	ДДЗ6 "Кальмиус-6"	ДДЗ10 "Кальмиус-10"	ДДЗ16 "Кальмиус-16"	ДДЗЭ15×12	ДДГ10
Производительность, т/ч	20-100	60-150	125-525	650-1000	150	125-525
Крупность загружаемого материала, мм, не более	100×200× ×300	400×500× ×600	400×600× ×1000	1200×300× ×1300	90;150	400×600× ×1000
Крупность дробленого продукта, мм	0-25;0-50; 0-75; 0-100; 0-125	0-50;0-75; 0-100; 0-125; 0-150	0-100;0-125; 0-150; 0-200; 0-250; 0-300	0-200; 0-300	0-100 0-70	0-100
Диаметр валков, мм	400	630	1000	1600	1500	1000
Длина валков, мм	500	830	1250	2000	1200	1250
Частота вращения валков, мин <sup>-1</sup>	60	50	35	41	40	50
Крепость дробимого материала по шкале М.М. Протодьяконова, не более	4	4	6	8	6	8-10
Мощность электродвигателя, кВт	13	20	40	250	2×55	40
Ход подвижного валка, мм	150	200	300	400	100	300
Величина регулирования щели между валками, мм, не более	105	150	240	400	Не регулируется	240
Габариты, мм:						
длина	2600	3520	5000	7465	6250	
ширина	2500	3270	4375	7985	4360	
высота	925	1235	1750	2607	2060	
Масса, т	4,3	9,9	23,5	107,6	31,4	27,5

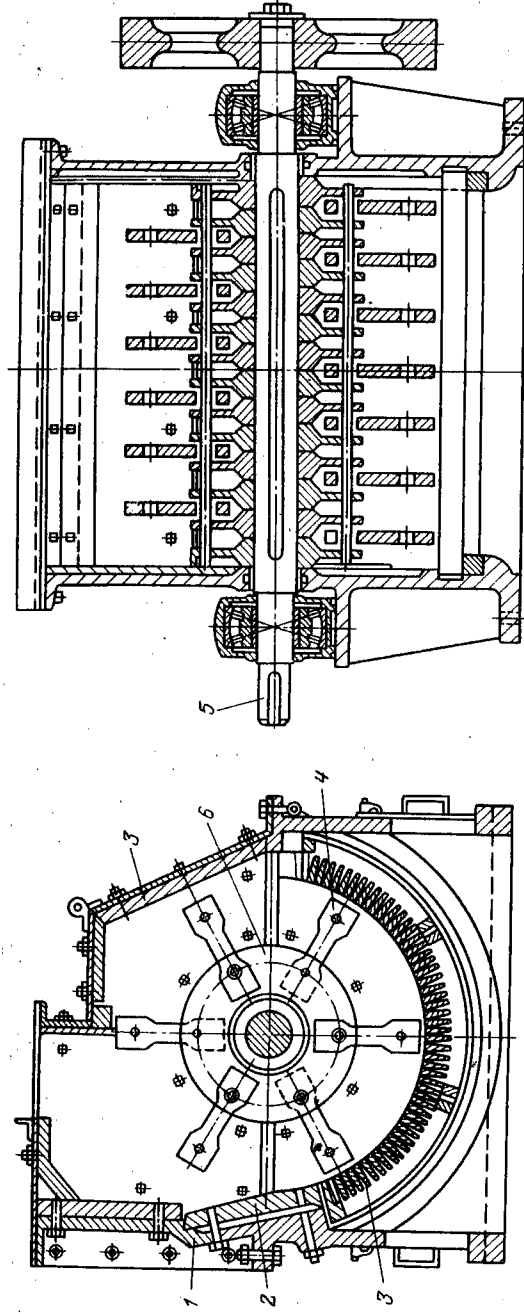


Рис. 6.12. Онорогаторная молотковая дробилка

ройством. Дробилки могут принимать куски размером 0,4 диаметра валков. Степень дробления материала в этих дробилках составляет от 4 до 6. Техническая характеристика валково-зубчатых дробилок дана в табл. 6.2.

Однороторная молотковая дробилка (рис. 6.12) применяется для дробления углей и промпродукта. Корпус дробилки 1 изнутри футерован стальными броневыми плитами 2. Ротор дробилки состоит из вала 5, набора дисков 6, разделяемых на валу шайбами, комплекта молотков 4, шарнирно укрепленных на дисках. Колосниковая решетка 3 снабжена приспособлением для регулирования зазора между ней и молотками для контроля крупности готового продукта. В нереверсивных молотковых дробилках загрузочное отверстие находится в боковой части корпуса, в реверсивных - сверху. Ротор приводится во вращение от электродвигателя через ременную передачу или упругую муфту непосредственно от электродвигателя. Корпус дробилки изготавливают разъемным и футеруют стальными броневыми листами. Ротор дробилки представляет собой вал с набором чередующихся шайб и дисков, на которых шарнирно укреплены молотки. Крупность дробления регулируется размером зазора между внутренней поверхностью решетки и внешней окружностью вращения молотков. Форма и масса молотков выбираются в зависимости от свойств дробимого материала и требуемой крупности дробления. Влажные угли части дробят при снятой колосниковой решетке.

Технические характеристики однороторных молотковых дробилок

Типоразмер . . . . .	М-6-4Б (СМД-112)	М-8-6Б (СМ-431)	М-13-16В (СМД-12)
Производительность, т/ч . . . . .	.12-15	18-24	200
Наибольшая крупность загружаемого материала, мм . . . . .	.150	250	400
Крупность дробленого продукта, мм . . . . .	.0-30	0-13	0-10
Размеры ротора, мм:			
диаметр . . . . .	.600	800	1300
ширина . . . . .	.400	600	1600
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup> . . . . .	.1250	1000	735
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	.17	55	250
Габариты, мм:			
длина . . . . .	.1100	1350	2400
ширина . . . . .	.103'	1255	2800
высота . . . . .	.115	1230	1900
Масса, т . . . . .	.1,3	2,24	16

Степень дробления в этих дробилках составляет до 15.

## 6.7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ

Щековые дробилки применяют для снижения верхнего предела крупности углей, поступающих в переработку. Дробленный продукт обычно объединяется с подрешетным продуктом грохота предварительной классификации, для чего дробилки устанавливаются по ходу движения угля над сборным конвейером.

Пуск дробилки производится при отсутствии в рабочем пространстве дробимого материала. Нагрузка подается после того как дробилка проработала на холостом ходу в течение 1-2 мин. Во время работы дробилки необходимо обеспечить равномерную нагрузку по питанию, не допускать завала рабочего пространства материалом и попадания в нее недробимых предметов. Останавливают дробилку в порядке, обратном пуску. Прекращают подачу питания и после проработки оставшегося в рабочем пространстве продукта выключают электродвигатель. Для обеспечения бесперебойной работы дробилки необходимо соблюдать графики планово-предупредительного ремонта. Наиболее изнашивающиеся детали - футеровочные и распорные плиты, вкладыши подшипников и др. подлежат периодической замене.

Двухвалковые зубчатые дробилки, как и щековые, устанавливают в отделении углеподготовки для крупного дробления и работают по той же схеме. При дроблении каменных углей и антрацитов в двухвалковых зубчатых дробилках выход мелких фракций небольшой, что является положительным фактором в технологии углеобогащения. Материал обычно подается в дробилку ленточным конвейером, при этом необходимо обеспечить распределение его по всей длине валков. Дробленный продукт направляется на конвейер подрешетного продукта предварительной классификации. Наиболее изнашивающимися частями валковых дробилок являются зубчатые сегменты и вкладыши подшипников. Сегменты изготавливают из марганцовистой стали, а зубья по режущим кромкам наплавляются твердыми сплавами. Очень важно обеспечить надежное и достаточно жесткое крепление зубчатых сегментов, поэтому необходимо систематически контролировать этот узел. Зубчатые дробилки отличаются простотой конструкции и надежностью в эксплуатации. Они менее других конструкций чувствительны к повышению влажности исходного материала.

Молотковые дробилки обычно применяют для дробления крупного промпродукта перед обогащением. Этот тип дробилок более чувствителен к перегрузкам по питанию. В зависимости от свойств дробимого материала и требуемой крупности дробленого продукта применяют молотки различной формы и массы. При износе молотков с одной стороны их можно развернуть и работать другой стороной. При необходимости молотки можно наплавлять

твердыми сплавами. Следует учитывать, что неравномерный износ молотков нарушает балансировку ротора. Дробилки можно эксплуатировать без решеток, если не требуется контролировать крупность максимальных кусков в дробленом продукте. Исходя из условий технологии, исходный материал можно подавать в дробилку вместе с водой, что также способствует ее равномерной работе. Уровень шума работающей молотковой дробилки очень высокий (до 100 дБ), поэтому в непосредственной близости от нее не должно быть постоянных рабочих мест.

Волковые и молотковые дробилки должны работать спокойно, без вибраций, биение валов не должно превышать допустимых пределов. При появлении резких ударов в корпусе, дробилка должна быть остановлена и отремонтирована.

Барабанный грохот-дробилка является машиной ударного действия, передающей вибрации на строительные конструкции здания. Для обеспечения устойчивой работы грохота-дробилки необходимо своевременно ремонтировать и содержать в надлежащем техническом состоянии подъемные полки, направляющие лопатки и рабочие решета.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определяется granulометрический состав угля?
2. На какие группы подразделяются грохоты?
3. Какие факторы влияют на производительность грохота?
4. Что означает эффективность грохочения?
5. Каково назначение операции дробления?
6. Назовите основные типы дробилок, применяемых на фабриках.
7. Как влияет загрузка на эффективность дробления?

## Г л а в а 7

### СПОСОБЫ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

#### 7.1. СВЕДЕНИЯ О СПОСОБАХ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

Все существующие способы обогащения углей основаны на различии в физико-механических (плотность) или физико-химических (смачиваемость) свойствах угля и породы.

Методы обогащения, основанные на различии плотностей угля и породы в разделяющей среде - водной, воздушной, минеральной суспензии, называются г р а в и т а ц и о н н ы м и.

Метод обогащения, основанный на различии в смачиваемости угля и породы называется флотацией. Различают м о к р о е и с у х о е о б о г а щ е н и е. К первому относится обогащение в воде или в минеральной суспензии, а ко второму - в воздухе.

#### 1.1. ВИДЫ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Гравитационные процессы обогащения классифицируются в зависимости от применяемой разделяющей среды:

отсадка - разделение материала по плотности в вертикальном пульсирующем потоке воды;

обогащение в тяжелых средах - разделение по плотности в минеральных суспензиях;

обогащение в противоточных сепараторах - разделение по плотности, основанное на использовании центробежной силы в криволинейном потоке воды;

пневматическое обогащение - разделение по плотности в пульсирующем потоке воздуха.

Процесс отсадки получил широкое распространение при обогащении углей. Этим процессом обогащается более 50% всего объема перерабатываемых углей на обогатительных фабриках.

Флотация - разделение материалов, основанное на разной смачиваемости их водой. Процесс флотации является эффективным и универсальным методом обогащения весьма мелких классов углей (менее 0,5 мм).

В практике обогащения отсадка широко используется для крупных классов углей и антрацитов легкой и средней обогатимости при содержании породных фракций плотностью 1800 кг/м<sup>3</sup> (для углей) и 1900 или 2000 кг/м<sup>3</sup> (для антрацитов) при содержании породных фракций до 35%. Для мелких углей и антрацитов отсадка - ведущий технологический процесс. Этот метод является эффективным и экономичным за исключением труднообогатимых углей.

В ряде случаев применяется неклассифицированная отсадка (0-80 или 0-100 мм), т.е. без разделения угля на мелкий и крупный классы. Иногда применяется ширококлассифицированная отсадка (0,5-100 или 6-100 мм), т.е. с выделением из рядового угля отсева класса 0-6 мм или шлама класса 0-0,5 мм.

Отсадка является технологическим процессом, охватывающим весьма широкий диапазон крупности разделяемых зерен и плотности обогащаемого материала.

Обогащение в тяжелых средах широко используется для углей трудной и весьма трудной категории обогатимости и при содержании породных фракций более 35%. Мелкие очень труднообогатимые коксующиеся угли экономичнее обогащать в тяжело-средних циклонных установках. При переработке рядовых углей обогащение в тяжелых средах занимает второе место после отсадки. Обогащение в тяжелых средах обеспечивает высокое качество товарных продуктов и минимальные потери горючей массы в отходах.

Обогащение угля в противоточных сепараторах используют для получения товарного угля из разубоженных углей открытой и подземной добычи с содержанием породы более 50%, а также механизации выборки породы из горной массы шахт и разрезов.

Пневматическое обогащение применяют для выделения породы из дешевых бурых углей, когда не требуется значительное снижение зольности, а также в районах с ограниченными водными ресурсами или суровыми климатическими условиями.

Из всех гравитационных процессов для обогащения углей наибольшее распространение получили отсадка и разделение в тяжелых средах.

### 7.3. ПРОДУКТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ

В результате извлечения из рядового угля негорючих примесей зольность угля снижается. Повышается содержание горючей массы в каждой единице массы, т.е. получается продукт с наибольшим содержанием горючей массы, называемый концентратом.

Извлеченные из угля негорючие примеси, направляемые в отвал, называют породой (отходами) или хвостами (получаемые в процессе флотации).

В процессе обогащения может быть получен промежуточный продукт (промпродукт), содержащий повышенное количество породных примесей, который непригоден для коксования, но может быть использован для сжигания в топках котельных установок или электростанций.

При обогащении угля в водной среде образуется смесь угольной мелочи с водой, называемая шламом (крупность менее 0,5 мм). Уголь, выделенный из рядового угля и не подвергшийся обогащению, называется отсевом.

Производственный процесс обогащения угля характеризуют показатели:

**выход концентрата** (основной технологический показатель) - отношение массы концентрата к массе исходного питания;

**засорение продуктов обогащения угля** - содержание в продуктах обогащения компонентов, отличающихся от выделяемого продукта по принятой граничной плотности разделения или граничной крупности классификации;

**потери при обогащении** - количество пригодного к использованию компонента, теряемого с отходами обогащения;

**извлечение** - отношение массы извлекаемых фракций к массе этих фракций в исходном питании

$$\epsilon_{\phi} = \frac{\gamma\beta}{\alpha}, \quad (7.1)$$

где  $\gamma$  - выход продукта, от исходного питания, %;  $\beta$  - содержание данных фракций в продукте, %;  $\alpha$  - содержание данных фракций в исходном питании, %.

Конечные результаты обогащения угля на фабриках характеризуют показателями - выходом и зольностью получаемых продуктов.

### Выход продукта (%)

$$\gamma = \frac{Q_1}{Q_{исх}} 100, \quad (7.2)$$

где  $Q_1$  и  $Q_{исх}$  - масса соответственно полученного продукта и исходного угля, кг или т.

Сумма выходов (%) всех продуктов равна выходу исходного угля

$$\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \dots + \gamma_i = 100. \quad (7.3)$$

Произведение выхода исходного угля на его зольность равно сумме произведения выходов продуктов на их зольность:

$$100 A_{исх}^d = \gamma_1 A_1^d + \gamma_2 A_2^d + \gamma_3 A_3^d + \dots + \gamma_i A_i^d, \quad (7.4)$$

где  $A_{исх}^d$  - зольность исходного угля;  $A_1^d, A_2^d, \dots, A_i^d$  - зольность получаемых продуктов.

### 7.4. ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ И ОБОГАТИМОСТЬ УГЛЕЙ

**Фракционный состав** - это распределение в угле частиц различной плотности. Он является важнейшим качественным показателем, характеризующим содержание отдельных фракций по плотности в исходном угле и продуктах обогащения.

Фракцией в угле принято называть совокупность зерен определенной плотности. Фракционный состав определяют фракционным анализом.

**Фракционным анализом** называется операция разделения угля на фракции с определением их массовых выходов и зольности. Для производства фракционного анализа применяют водные растворы хлористого цинка ( $ZnCl_2$ ). Проба угля перед расслоением обесшламливается путем промывки водой на сите с отверстиями 1 (0,5) мм. Шлам собирается, высушивается, взвешивается и направляется на химический анализ. Расслоение производят начиная с жидкости наименьшей или наибольшей плотности. Расслоением называется процесс разделения пробы топлива на фракции путем погружения ее в жидкость различной плотности. При наличии в пробе размокаемой породы или преимущественном содержании тяжелых фракций пробу расслаивают, начиная с жидкости наибольшей плотности.

**Расслоение с наименьшей плотностью.** Пробу топлива частями не более 2-7 кг помещают в бачок с сетчатым дном, который опускают в бак с жидкостью плотности 1300 кг/м<sup>3</sup>. После перемешивания всплывшая фракция плотности <1300 кг/м<sup>3</sup> снимается сетчатым черпаком, промывается водой, сушится, взвешивается, разделяется и отправляется на химический анализ.

Результаты фракционного анализа

Т а б л и ц а 7.1

Плотность фракций $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Выход $\gamma$		Зольность фракций $A^d$ , %	$\gamma A$ , %	Суммарные всплывшие фракции			Суммарные потонувшие фракции		
	кг	%			сверху $\gamma_1$ , %	зольность $A_1^d$ , %	$\gamma_2 A^d$ , %	снизу $\gamma_2$ , %	зольность $A_2^d$ , %	$\gamma_2 A_2^d$ , %
<1300	23,80	47,6	4,2	200	47,6	4,2	200	100	19,6	1960
1300-1400	12,50	25,0	6,9	172	72,6	5,1	372	52,3	33,6	1760
1400-1500	2,20	4,4	12,8	56	77,0	5,6	428	27,4	57,9	1588
1500-1600	1,55	3,1	33,0	102	80,1	6,6	530	23,0	66,6	1532
1600-1800	1,85	3,7	40,6	150	83,8	8,1	680	19,9	71,8	1430
>1800	8,10	16,2	79,0	1280	100,0	19,6	1960	16,2	79,0	1280
Исходная	50,00	100,0	19,6	1960						

Всплывшей фракцией называется совокупность зерен топлива, имеющих плотность меньше плотности жидкости, используемой для расслоения.

Потонувшая фракция плотностью >1300 кг/м<sup>3</sup> переносится в следующий бак с жидкостью плотностью 1400 кг/м<sup>3</sup>, всплывшая фракция плотностью 1300-1400 кг/м<sup>3</sup> снимается черпаком и обрабатывается по аналогии фракцией плотностью <1300 кг/м<sup>3</sup>. Потонувшей фракцией называется совокупность зерен топлива, имеющих плотность, равную и больше плотности жидкости, используемой для расслоения. Далее осевшая фракция переносится в бак с жидкостью плотностью 1500 кг/м<sup>3</sup> и т.д. В результате расслоения получают шесть фракций плотностью: <1300, 1300-1400, 1400-1500, 1500-1600, 1600-1800 и > 1800 кг/м<sup>3</sup>. Результаты фракционного анализа сводятся в табл. 7.1.

При составлении таблицы результатов фракционного анализа угля выполняют следующие действия:

1. Приняв исходный уголь за 100%, определяют выход каждой фракции (графа 3) по формуле (7.2).

2. Умножая выходы фракции на их зольность, получают произведения  $\gamma A_1^d$  (графа 5).

3. Суммируя выходы фракций (графа 3) сверху вниз, получают  $\gamma_1$  (графа 6). Складывая в том же порядке произведения  $\gamma A_1^d$  (графа 5), находят суммарные произведения  $\gamma_1 A_1^d$  для всплывших фракций (графа 8).

4. Делением произведения графы 8 на параметр "выход" графы 6, определяют суммарные зольности  $A_1^d$  всплывших фракций (графа 7).

5. Суммируя снизу вверх выходы фракции графы 3 и произведения графы 5, получают суммарные выходы  $\gamma_2$  потонувших фракций (графа 9) и произведения  $\gamma_2 A_2^d$  (графа 11).

6. Делением данных графы 11 на данные графы 9 определяют суммарную зольность  $A_2^d$  потонувших фракций (графа 10).

По суммарным процентам можно определить выход и зольность продукта, который всплывает или тонет в жидкости заданной плотности. Например, в жидкости плотностью 1500 кг/м<sup>3</sup> (см. табл. 7.1) всплывает 77% угля зольностью 5,6%, а тонет 23% зольностью 66,6%.

По фракционному анализу может быть оценена обогатимость данного угля, т.е. степень пригодности его для разделения на уголь и породу.

Если исходный уголь состоит из частиц чистого угля и тяжелых частиц породы, то его эффективное разделение не представляет труда. Значительно труднее разделить частицы чистого угля и тяжелые частицы при наличии промежуточных фракций плотностью 1500-1800 кг/м<sup>3</sup>, и чем больше в исходном угле тем ниже эффективность разделения.

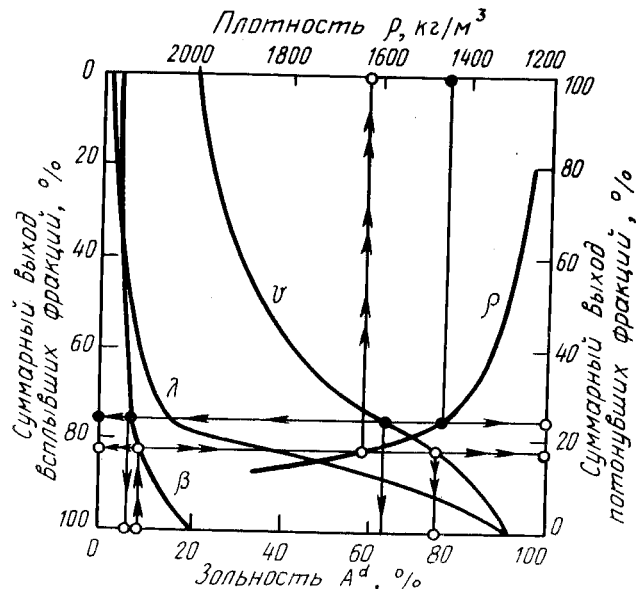


Рис. 7.1. Кривые обогатимости

Для удобства пользования результатами фракционного анализа по данным табл. 7.1 строят кривые обогатимости (рис. 7.1) следующим образом:

а) строят квадрат со стороной длиной 200 мм, разбивают тонкой сеткой на 10 равных частей. На оси ординат откладывают в масштабе через каждые 10% (сверху вниз) выход всплывающих фракций, а на оси абсцисс через каждые 10% - зольность фракций. На правой вертикальной стороне квадрата в том же масштабе откладывают выход потонувших фракций через каждые 10% снизу вверх. На верхней горизонтальной оси справа налево откладывают значения плотностей через каждые 100 кг/м<sup>3</sup>;

б) кривую всплывших фракций ( $\beta$ ), показывающую зависимость между выходом всплывших фракций и их зольностью, строят по данным граф 6 и 7. На оси ординат откладывают сверху вниз суммарные выходы всплывших фракций (графа 6), из полученных точек проводят параллельно оси абсцисс линию выходов фракций. На этих линиях откладывают последовательно суммарную зольность ( $A^d$ ) всплывших фракций (графа 7). Полученные точки соединяют плавной линией;

в) кривую потонувших фракций ( $\vartheta$ ), показывающую зависимость между выходом потонувших фракций и их зольностью, строят по данным граф 9 и 10. На оси ординат (правой) откладывают снизу вверх суммарные выходы потонувших фракций (графа 9). На линиях выходов фракций откладывают последовательно суммарную зольность ( $A^d$ ) потонувших фракций (графа 10). Полученные точки соединяют плавной кривой;

г) кривую элементарных фракций ( $\lambda$ ), показывающую зависимость между выходом всплывших фракций и зольностью элементарных слоев, строят по данным граф 6 и 4. На линиях выходов соответствующих фракций (графа 6) откладывают последовательно зольности ( $A^d$ ) отдельных фракций (графа 4) и из полученных точек проводят в пределах каждой фракции линии, параллельные оси ординат. Через середины этих линий проводят плавную кривую так, чтобы площади треугольников, отсекаемых кривой в пределах каждой фракции, были равны между собой. Конечная и начальная точки кривой должны лежать на прямой, проведенной параллельно оси ординат через точку суммарной зольности ( $A^d$ ) исходной пробы (графа 4);

д) начальные точки кривой  $\beta$  элементарной кривой  $\lambda$  и конечные точки элементарной кривой  $\lambda$  и кривой  $\vartheta$  должны совпадать. Их находят графически, соблюдая равенство площадей треугольников, отсекаемых отрезками элементарной кривой  $\lambda$  в пределах фракции плотностью менее 1300 и более 2000 кг/м<sup>3</sup>;

е) кривую плотностей ( $\rho$ ), показывающую зависимость между выходом всплывающих фракций и их граничной максимальной плотностью, строят по данным граф 1 и 6. На линиях, проведенных параллельно оси абсцисс, по данным графы 6 откладывают последовательно граничные (большие) плотности фракций (графа 1). Полученные точки соединяют плавной кривой.

По кривым обогатимости можно решать следующие практические задачи:

1. Определение выхода концентрации при заданной зольности.

На кривой  $\beta$  находят точку, которая соответствует заданной зольности, и проводят через нее горизонтальную линию. Точка пересечения этой линии с осью выходов всплывшей фракции показывает выход концентрата, точка пересечения горизонтальной линии с кривой  $\lambda$  показывает зольность породы, а точка пересечения с кривой  $\rho$  - требуемую плотность разделения.

2. Определение выхода и зольности продуктов при разделении по заданной плотности.

Найдя на оси плотностей заданное значение, проводят вертикальную линию до пересечения с кривой  $\rho$ . Горизонтальная линия, проведенная через эту точку пересечения, показывает на правой и левой вертикальных осях графика соответственно выходы концентрата и породы, и точки пересечения горизонтальной линии с кривыми  $\beta$  и  $\vartheta$  дают значения зольностей концентрата и породы, отсчитываемые на горизонтальной оси.

Назначение фракционного анализа.

1. Определение теоретически возможных показателей обогащения: выходов продуктов обогащения (концентрата, промпродукта и породы) и их зольности в зависимости от плотности разделения.

2. Определение обогатимости угля по содержанию в нем промпродуктовых фракций плотностью 1500-1800 кг/м<sup>3</sup>.

Обогатимость	Выход фракций плотностью 1500-1800 кг/м <sup>3</sup> %
Легкая	<4
Средняя	4-10
Трудная	10-17
Очень трудная	>17

3. Определение эффективности процесса обогащения путем сравнения теоретически возможных результатов обогащения с практическими.

4. Является критерием для оценки различных видов гравитационного обогащения.

5. Наиболее объективно и полно характеризует точность разделения исходного материала по плотности.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На каких свойствах угля и породы основано обогащение углей?
2. Какие методы обогащения называются гравитационными и какие флотацией?
3. Какие виды процессов гравитационного обогащения Вам известны?
4. Какие продукты получают при обогащении угля?
5. Что такое фракционный анализ и как он выполняется?
6. Как определить обогатимость угля?

## Глава 8

### ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЕЙ В ОТСАДОЧНЫХ МАШИНАХ

#### 8.1. СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ОТСАДКИ

Гидравлической отсадкой называется процесс разделения смеси минеральных зерен на отдельные слои по плотности зерен в турбулентном водном потоке, колеблющемся в вертикальном направлении с заданными амплитудой и частотой.

Все существующие водные потоки разделяются на два качественно отличных типа - ламинарный и турбулентный.

Ламинарный поток характеризуется слоистым течением, плавным изменением скорости от точки к точке. Особенность же турбулентного потока проявляется в наличии нерегулярных, хаотических колебаний скорости около ее среднего значения.

Турбулентный поток состоит из двух составляющих:

- а) осредненного движения, характеризующегося средней скоростью потока;
- б) турбулентной (пульсационной) составляющей движения, характеризующейся беспорядочно перемещающимися отдельными слоями жидкости (вихрей).

Несмотря на давнее и широкое распространение в практике углеобогащения отсадочных машин, до настоящего времени нет общепризнанной теории отсадки, раскрывающей механизм процесса обогащения. Это объясняется тем, что отсадка является процессом сложным и зависит от множества взаимосвязанных факторов, действие которых еще недостаточно изучено.

В последние годы получила широкое признание массово-статистическая гипотеза, в основу которой положены закономерности перемещения совокупности зерен с определенными физическими свойствами (плотность, размерность, форма и др.). Эта гипотеза рассматривает процесс расслоения угля как вертикальное (под действием пульсирующего потока) и горизонтальное (под действием транспортной воды) перемещение постели отсадочной машины слоями различной плотности с некоторой средней скоростью. Под действием чередующихся воздействий восходящего и нисходящего потоков воды находящаяся на решетке смесь минеральных зерен периодически разрыхляется и уплотняется. Разрыхленностью постели называют отношение объема свободного пространства между частицами к общему объему, занимаемому постелью.

Тяжелые и средние по плотности зерна в начальный момент времени быстро опускаются из верхних в нижние слои постели. Одновременно легкие и средние по плотности зерна, оказавшиеся к началу процесса в нижних слоях, сравнительно быстро поднимаются к средним слоям. Далее из верхних и нижних слоев основная масса тяжелых и средних зерен перемещается к средним слоям. В этих слоях происходит встреча тяжелых зерен, движущихся вниз, и легких зерен, поднимающихся от нижних слоев кверху. Чем больше будет средних зерен, тем труднее легким и тяжелым зернам преодолеть эти слои.

Формирование слоев начинается со слоя с легкими зернами (концентратного слоя), который быстрее освобождается от тяжелых и средних зерен, так как скорость их значительно выше. Перемещение легких зерен из нижних слоев начинается лишь тогда, когда достаточное количество тяжелых зерен переместится вниз и займет место, где ранее находились легкие зерна. Поэтому формирование слоя с тяжелыми зернами (породного слоя) всегда начинается позже концентратного. Позднее всего формируется средний (промпродуктовый) слой.

Таким образом под действием колебаний среды происходят перемещение и послойное отложение на решетке минеральных зерен различной плотности. Важным признаком нормального формирования слоев постели по плотностям является ее достаточная разрыхленность, т.е. приведение каждого зерна восходящим потоком в обособленное состояние.

При недостаточной разрыхленности постели уменьшаются скорости опускания тяжелых частиц в нижние слои и подъема легких в верхние слои. При чрезмерном разрыхлении частицы различной плотности и крупности перемешиваются. В обоих случаях

процесс отсадки протекает неэффективно - продукты обогащения засоряются посторонними фракциями.

Под постелью понимают смесь минеральных зерен (легких, средних и тяжелых), находящихся непосредственно на решетке отсадочной машины.

Эта гипотеза не полностью учитывает силы механического взаимодействия между частицами и турбулентными водными потоками. В то время как степень разрыхленности постели, расслоение минеральных частиц и характер их перемещения в машине тесно связаны с турбулентным течением водного потока.

Реально в отсадочной машине протекают одновременно два противоположных процесса - разделение материала и его перемешивание. Причиной процесса перемешивания являются турбулентные пульсации жидкости, представляющие собой беспорядочное перемешивание отдельных масс жидкости. Наличие турбулентных пульсаций - одна из причин засорения продуктов обогащения посторонними фракциями.

Процесс отсадки осуществляется на практике в беспоршневых отсадочных машинах.

Принципы расслоения рядового угля в беспоршневых машинах заключаются в следующем. Исходный уголь вместе с транспортной водой через загрузочные устройства поступает в первое отделение машины на отсадочное штампованное или набранное из колосников специального профиля решето, являющееся рабочей поверхностью.

Колебательное движение среде (вода и уголь) в отделении машины сообщают пульсаторы, в которые сжатый воздух поступает под давлением из воздухоподборника.

Под действием периодического впуска воздуха в воздушные камеры и выпуска его в атмосферу создаются переменные по направлению потоки (восходящие и нисходящие) воды, воздействующие на находящийся на решетке обогащаемый уголь. Вследствие многократных пульсаций воды в вертикальном направлении отсадочная постель разрыхляется и расслаивается, а с помощью горизонтально направленного потока воды и подачи новых порций угля материал постели перемещается к разгрузочному концу машины. При этом верхние слои угля (концентрат) удаляются из машины через сливной порог совместно с водой, а нижние слои тяжелого продукта (порода и промпродукт), разгружаясь через загрузочное устройство или искусственную постель и решето, поступают в приемные воронки машины и выводятся из процесса обезвоживающими элеваторами. В качестве искусственной постели обычно применяется полевой шпат крупностью 30-40 мм и плотностью 2600-2650 кг/м<sup>3</sup>. Тяжелые частицы, достигнув слоя искусственной постели, разгружаются по всей длине отсадочной машины. Искусственная постель способствует повышению технологической эффективности процесса, но при этом удельная производительность по исходному углю несколько снижается. При накоплении в искусственной постели крупных тяжелых частиц,

металлических и других предметов значительно ухудшаются показатели отсадки.

Периодически (не реже 2-3-х раз в неделю) необходимо производить очистку искусственной постели. Искусственная постель применяется весьма редко из-за сложности ее использования и только в отсадочных машинах для обогащения мелкого угля класса 0,5-13 мм.

## 8.2. ОТСАДОЧНЫЕ МАШИНЫ, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ИХ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Отсадочные машины можно разделить по ряду признаков:

а) по крупности обогащаемого материала: на машины для крупного, мелкого, ширококлассифицированного угля, перемешивающие промежуточные продукты и шлама;

б) в зависимости от числа получаемых конечных продуктов: на машины одноступенчатые, дающие два продукта - концентрат и породу; двухступенчатые, дающие концентрат, промпродукт и породу; трехступенчатые, дающие концентрат, промпродукт, породу и продукт, который направляется на пересобогащение. Трехступенчатые машины используются в более гибких технологических схемах при изменении в исходном угле породных и промпродуктовых фракций;

в) по конструктивным особенностям проточной части: на машины с боковыми воздушными камерами и подрешетными воздушными камерами. В машинах восходящее движение воды создается подачей воздуха, а нисходящее движение - под действием собственного веса, при снятии на нее давления воздуха;

г) по способу удаления тяжелых продуктов: на машины с естественной постелью и машины с искусственной постелью.

Отсадочные машины типа ОМ. На углеобогатительных фабриках начиная с 1967 г. в эксплуатации находится параметрический ряд отсадочных машин типа ОМ с площадью отсадки 8, 12, 18 и 24 м<sup>2</sup>, машины типа ОМА (для антрацитов) с площадью отсадки 8 и 10 м<sup>2</sup>. Главная особенность их конструкции - подрешетное расположение воздушных камер, образованных двумя дугообразными стенками. Отсадочные машины ОМ8 - двухступенчатые, ОМ12, ОМ18 и ОМ24 - трехступенчатые.

Конструктивно каждая ступень (отделение) набирается из унифицированных отсеков длиной 1 м и с различной шириной отсадочного отделения. У машин ОМ8 и ОМ12-3 (трехступенчатая) ширина отсадочного отделения составляет 2 м, а в машинах ОМ12/3, ОМ18, ОМ24 соответственно 3, 3 и 4 м.

Сокращенное название отсадочных машин расшифровывается следующим образом. Первые две заглавные буквы О и М обозначают отсадочная машина, следующие за ними цифры обозначают площадь решет в м<sup>2</sup>, а цифра за черточкой указывает номер мо-



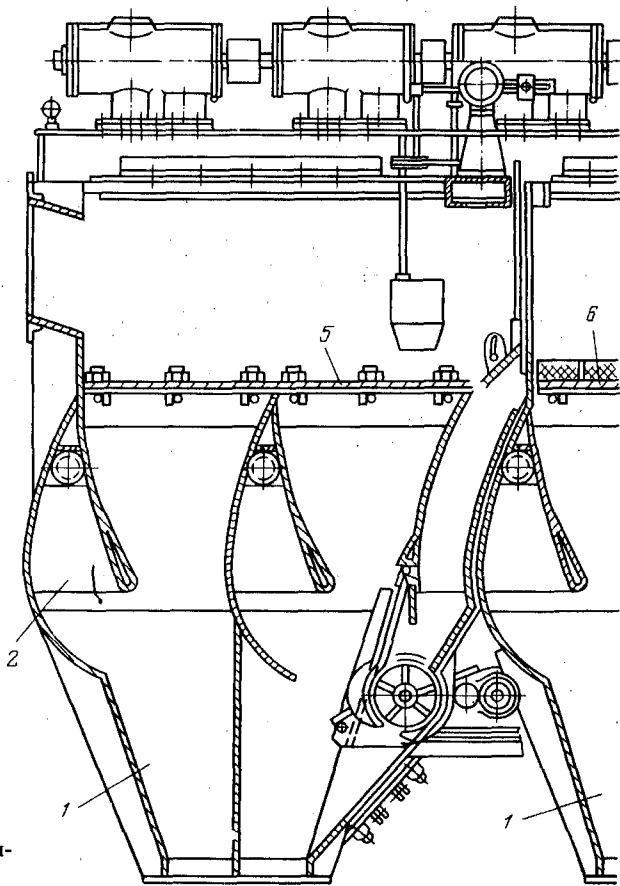
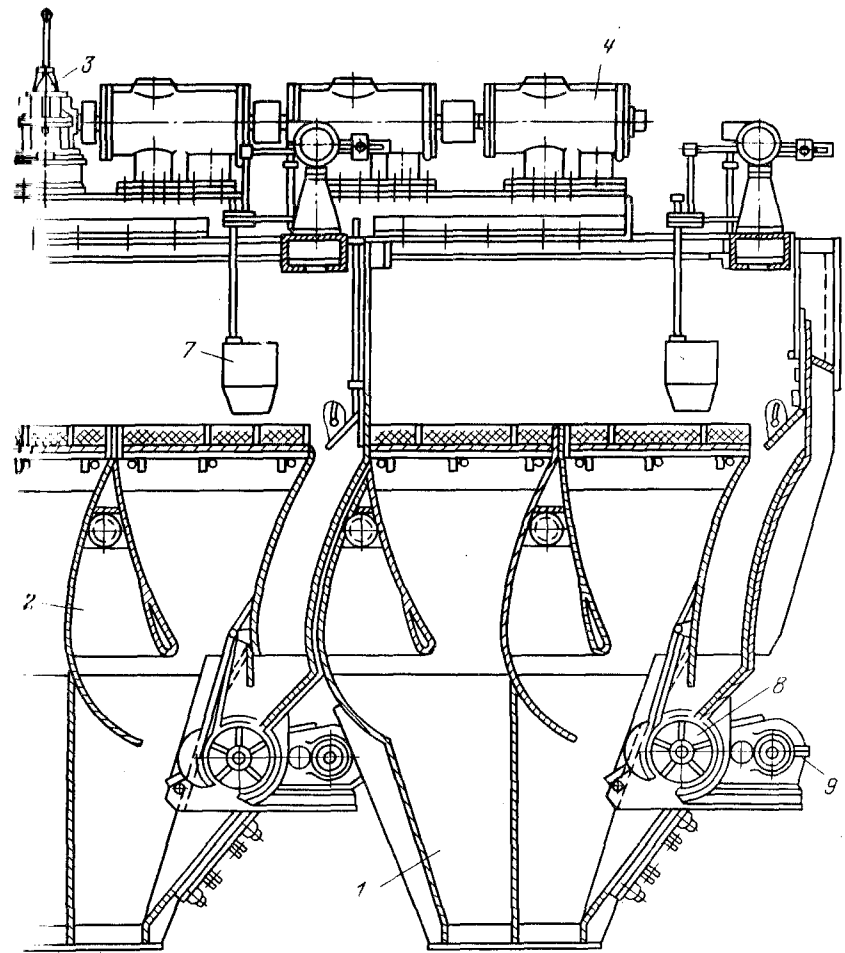


Рис. 8.1. Отсадочная машина OM12

дели. Если же цифра после обозначения площади пишется через дробь, то она обозначает ширину рабочей части машины.

Например, OM18-3 расшифровывается так: отсадочная машина с площадью решет 18 м<sup>2</sup> третьей модернизации, а OM13/3 - отсадочная машина с площадью отсадки 12 м<sup>2</sup> и шириной рабочей части 3 м.

Машины типа OM предназначены для обогащения коксующихся и энергетических углей различной крупности: мелких классов 0,5-13 мм, крупных классов 13-125 (13-150 мм) и ширококлассифицированного 0,5-125 мм. Эти машины могут быть использованы также для переобогащения промпродукта. Для обогащения антрацита и энергетических углей крупностью 0,5-25 и 6-250 мм применяют двухступенчатую отсадочную машину OMA10-1M.



Машины типа OM могут работать с применением одновременно естественной и искусственной постели, т.е. с комбинированной разгрузкой тяжелых продуктов.

Отсадочная машина OM12 (рис. 8.1) состоит из следующих узлов: корпуса, отсадочного решета 5 с наборными колосниковыми решетками из синтетических материалов трапециевидного профиля или со штампованными отверстиями, установленными в рабочих отделениях машины; водно-воздушных камер 2, расположенных под решетками; воздушных пульсаторов 4 с приводом 3 для создания пульсации воды, расположенных в верхней части корпуса; разгрузочных устройств, расположенных внизу в конце каждого отделения машины и состоящих из сборной воронки 1, ротора 8, вращение которого осуществляется электродвигателем

через редуктор 9. Для подвода подрешетной воды на машине установлен водяной коллектор с регулируемыми заслонками для каждой секции, а для подвода воздуха в пульсаторы - воздушный коллектор.

Для измерения уровня тяжелого слоя постели в каждой ступени машины вблизи разгрузочных камер устанавливаются датчики 7 поплавкового типа. Иногда при обогащении мелких классов угля используется слой искусственной постели 6, через который разгружается тяжелый продукт по всей площади решета.

В этом случае рабочую часть машины оборудуют специальной решеткой высотой 100-120 см с размерами ячеек 200×200 мм, в которую укладывают полевой шпат. Эта решетка препятствует сдвиганию частиц полевого шпата, и они удерживаются равномерным слоем по всей площади решета машины. Толщину искусственной постели подбирают в процессе наладки отсадочной машины.

С 1977 г. в эксплуатации находятся модернизированные отсадочные машины типа ОМ1 с сохранением прежнего типоразмера ряда ОМ8-1, ОМ12-1 и ОМ24-1. Они отличаются от машин старых образцов более интенсивным воздушным режимом благодаря более высокому давлению воздуха в воздушном коллекторе, меньшим расходом как воздуха, так и подрешетной воды, использованием режимов с пониженной частотой пульсаций и асимметричным циклом отсадки.

В машинах ОМ1 значительно увеличен объем воздушных камер. Проточная часть выполнена в форме, обеспечивающей более равномерное поле скоростей жидкости в рабочем отделении.

Модернизированные машины снабжены клапанными пульсаторами электропневматической системой управления режимом пульсаций. Пульсаторы нового типа позволяют плавно изменять частоту пульсаций от 30 до 80 в минуту и соотношение периодов впуска и выпуска воздуха и пауз между ними. Изменение частоты колебаний и цикла отсадки позволяет регулировать режимы разделения в зависимости от качества исходного материала. Подача подрешетной воды регулируется дроссельными заслонками. В машинах предусмотрены датчик и устройство для удаления щепы. Чувствительным элементом датчика нагрузки является специальная решетка, устанавливаемая в начале машины и поддерживаемая в наклонном положении потоком движущегося материала. При непредвиденном снятии нагрузки решетка опускается в вертикальное положение, соответствующее автоматическому отключению электропневматического устройства пульсатора. При этом прекращается подача воздуха в машину и колебания постели. Регулирование разгрузки тяжелых фракций осуществляется в автоматическом режиме с использованием регулятора статического бесконтактного (РСБ). Предусмотрена возможность перехода на дистанционное управление разгрузкой тяжелых продуктов.

Машина типа ОМ1 характеризуется высокой точностью разде-

ления исходного угля. Погрешность разделения при обогащении углей различной крупности как при высокой, так и низкой плотности разделения составляет 0,10-0,16,

Отсадочные машины типа ОМА. Для обогащения крупно-средних сортов антрацита применяют отсадочные машины типа ОМА двух типоразмеров - ОМА8 и ОМА10 с площадью отсадки соответственно 8 и 10 м<sup>2</sup>.

На базе отсадочной машины ОМА10 разработана модернизированная машина ОМА10-1м, в которой роторные пульсаторы заменены клапанными конструкциями ОМ1 и на исполнительном механизме разгрузочного устройства увеличен диаметр пневмоцилиндра. На рис. 8.2 показана двухступенчатая отсадочная машина ОМА10-1м.

Особенности технологии обогащения антрацитов (высокая плотность разделения, большие амплитуды пульсаций) обусловили конструктивные отличия этих машин от машин типа ОМ.

Отсадочная машина ОМА10-1м имеет следующие части: роторное разгрузочное устройство 1, корпус загрузочной ступени 2, решето 3, датчик подачи питания 4, электропневмопривод 5, трубопроводы подачи воздуха 6, воздухосборник 7, регулируемый порог между ступенями машины 8, датчик уровня тяжелого слоя постели 9, корпус разгрузочной ступени 10, клапанный пульсатор 11, водяной коллектор (12), привод разгрузочного устройства 13.

Подрешетные воздушные камеры имеют больший объем по сравнению с камерами машин ОМ, что обеспечивает увеличение амплитуды колебаний. Однако общая высота машин ОМА при этом не увеличивается благодаря изменению поперечного профиля воздушных камер. Каждая секция длиной 1000 мм и шириной 2000 мм снабжена воздушными роторными пульсаторами той же конструкции, что и у машин ОМ.

Над воздушными камерами уложены решета, набранные из отдельных карт площадью 0,5 м<sup>2</sup> и устанавливаемые в породном отделении под углом 5° в машине ОМА8 и 3° в машине ОМА10, а в промпродуктовом - горизонтально.

Разгрузка тяжелых продуктов производится в конце каждого отделения через горизонтальную шель и камеру со свободным выпуском. Скорость выгрузки зависит от положения сектора, служащего одновременно днищем разгрузочной камеры.

Легкий продукт выгружается через вертикальный порог с регулируемым по высоте шибером.

Машины типа ОМА работают обычно с выделением двух конечных продуктов - концентрата и отходов. Технические характеристики отсадочных машин приведены в табл. 8.1.

Отсадочные машины типа МО. В настоящее время на базе отсадочных машин ОМ разработаны и серийно выпускаются отсадочные машины типа МО для обогащения каменных углей, антрацита и сланца. Основные технико-эксплуатационные показатели машины типа МО аналогичны показателям машин типа ОМ. В от-

Технические характеристики отсадочных машин

Показатель	ОМ12-1	ОМ18-1	ОМ24-1	ОМ10-1
Производительность, т/ч:				
по исходному углю	120-130	180-500	240-650	до 250
по отходам	75	115	140	до 100
Крупность обогащаемого угля, мм	0,5-125	13-150	13-150	до 250
Число секций	6	6	6	5
Площадь отсадочного отделения, м <sup>2</sup>	12	18	24	10
Ширина отсадочного отделения, м	2	3	4	2
Давление воздуха в ресивере, МПа	От 0,021 до 0,025			0,04
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с	0,7-0,9	1,1-1,3	1,5-1,9	1,5
Частота пульсаций, мин <sup>-1</sup>	От 30 до 80			
Мощность электродвигателей, кВт	1,6	1,6	1,6	2,8
Габариты, мм:				
длина	6300	7255	7300	6200
ширина	3230	3955	5195	3500
высота	4540	4540	4900	4610
Масса, т	22,73	27,8	36,38	18

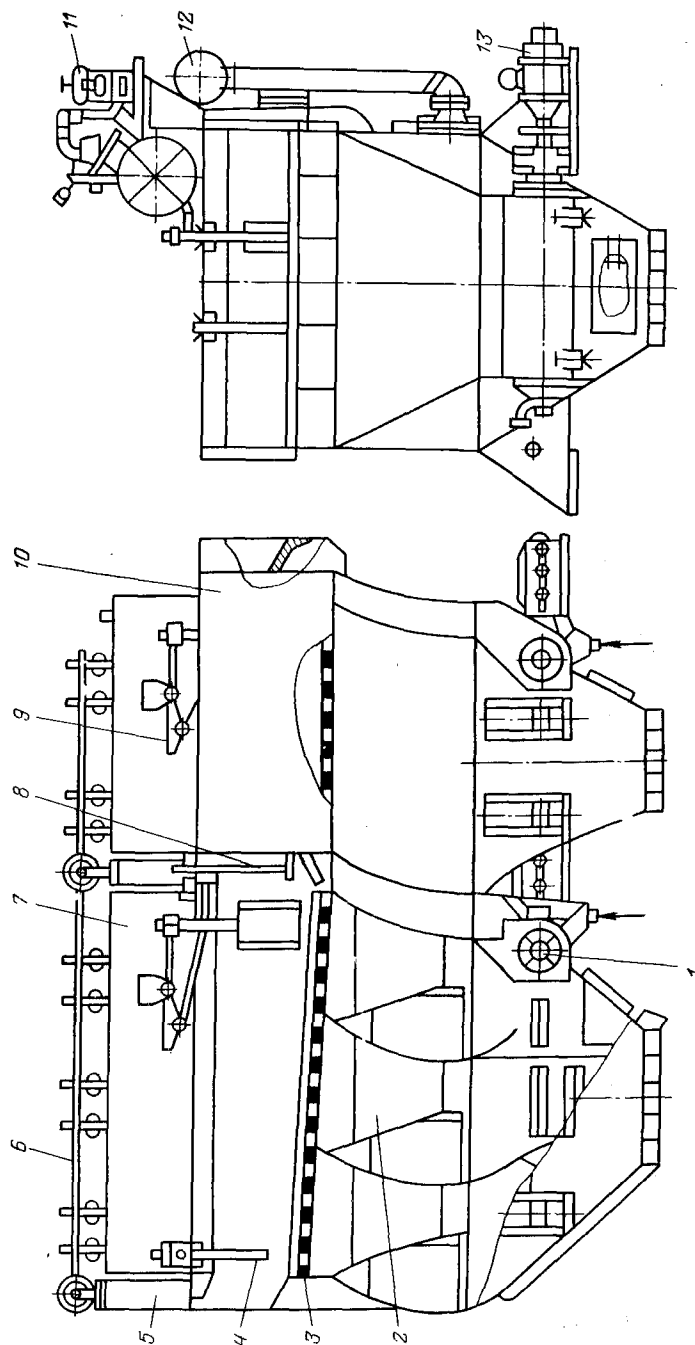


Рис. 8.2. Двухступенчатая отсадочная машина ОМА10-1М

личие от машин ОМ в машине МО введены элементы для автоматического определения и регулирования разрыхленности отсадочной постели.

Типоразмер машин МО-212, МО-312, МО-318, МО-424 и МО-638 расшифровывается следующим образом. Первые две буквы М и О обозначают машина отсадочная, следующая за ним первая цифра обозначает ширину рабочей части машины в м, а две последующие цифры - площадь решета в м<sup>2</sup>. Например, МО-212 расшифровывается так: машина отсадочная с шириной рабочей части 2 м и площадью решет 12 м<sup>2</sup>.

Отсадочные машины имеют следующие основные узлы: корпус, отсадочное решето, воздушные пульсаторы и разгрузочные устройства для удаления тяжелых продуктов.

Корпус отсадочной машины. Отсадочные машины характеризуются унификацией отдельных узлов корпуса, автономностью режима разделения и удобством транспортирования машины с последующей ее сборкой на месте установки. Корпуса отсадочной машины выполняются с подрешетным расположением воздушных камер. Источник пульсаций помещен непосредственно под решетом, что дает следующие преимущества: уменьшаются габаритные размеры машины и их металлоемкость, обеспечивается более высокая равномерность скоростей по всей площади

машины, сокращается расход подрешетной воды за счет увеличения перепада уровней между рабочими и воздушными отделениями и уменьшается объем колеблющейся массы воды, вследствие чего можно успешно применять технологически более эффективные циклы отсадки с большим начальным ускорением.

**Отсадочное решето.** Решето является одной из ответственных частей машины - рабочей поверхностью, на которой происходит расслоение минеральных зерен по плотностям, транспортировка и разгрузка тяжелых продуктов. Если шире характеризовать роль решета, то оно выполняет ряд следующих весьма важных функций: турбулизует водный поток и способствует разрыхлению отсадочной постели; играет большую роль в образовании взвесей и является их опорой; параметры отсадочного решета (размер и форма отверстий, площадь живого сечения) оказывают большое влияние на состояние взвеси и на беспорядочное перемещение минеральных зерен в отсадочной постели; на решете происходит накопление тяжелой части постели (породной и промпродуктовой), способствует разделению минеральных зерен по плотностям; по решету осуществляется продвижение тяжелых фракций постели с одновременной разгрузкой через него некоторой их части, крупность зерен которых меньше размера отверстия решета. Поэтому качественно-количественные показатели работы машины, наряду с гидродинамическими и технологическими параметрами, условиями загрузки исходного угля и выгрузки продуктов отсадки, также зависят от конструкции отсадочного решета, работоспособности и технического состояния его элементов.

К основным требованиям к решетам, определяющим в значительной мере технологические показатели, следует отнести их конструктивные особенности (размер и форма отверстий, площадь живого сечения), угол наклона и способ крепления к поддерживающей раме. Кроме того, решета должны обладать высокими механическими качествами - устойчивостью к абразивному износу, незабываемостью и др.

Угол наклона решет определяется фракционным составом обогащаемого угля, в частности - содержанием тяжелых фракций, способом их удаления из машины и крупностью материала. При обогащении мелких классов угля решета с наклоном 2-4° устанавливаются только в породном отделении машины.

При переработке крупного материала необходимо устанавливать решета с уклоном в сторону разгрузочных устройств как в породном, так и в промпродуктовых отделениях. Обычно угол наклона в породном отделении составляет 3-8°; а в промпродуктовом - до 4°. Следует отметить, что увеличение угла наклона повышает производительность машин, но одновременно увеличивается толщина постели у разгрузочной щели, что обуславливает недостаточно удовлетворительное расслоение материала. В связи с этим выбор угла наклона определяется в каждом конкретном случае в зависимости от состава исходного уг-

ля. При использовании разгрузки через искусственную постель решета устанавливаются горизонтально.

Крепление к раме осуществляется с помощью болтов, клиньев и электросварки. При креплении электросваркой в машине не остаются выступающие концы болтов, и, следовательно, устраняются препятствия для равномерного продвижения постели по решету, при этом материал не накапливается и не застревает в отверстиях решета, и тем самым предотвращается ее перегрузка, уменьшается трудоемкость операции по очистке решет и удлиняется срок их службы.

Решета изготавливают из металлического листа со штампованными отверстиями, круглыми диаметром 6-10 мм, продолговатыми размером 5×20 или 7×20 мм; из колосников специального проката; специальной проволоки; полиэтилена и трапецидального профиля со щелью 5 мм и площадью живого сечения соответственно 27,4; 37,6; 46,2 и 51,0%. Решета с квадратными отверстиями, имеющие живое сечение около 50,0%, используются только в машинах мелкого зерна с разгрузкой через искусственную полевошпатовую постель. Решета с круглыми отверстиями легко забиваются "трудными" зернами.

Решета с продолговатыми отверстиями в связи с большим живым сечением получили наибольшее распространение. В машинах ОМ1 и ОМА1 применяются щелевидные решета из полиэтиленовых колосников трапецидального профиля. Решета с соответствующими отверстиями выбираются в зависимости от крупности материала и способа его разгрузки. При обогащении углей крупностью более 13 мм при разгрузке через щель размер отверстий составляет 8-10 мм, а при переработке мелких углей размер отверстий обычно не превышает 6-8 мм. При разгрузке через искусственную постель размер отверстий принимается в 2-2,5 раза большим максимального размера зерен угля, т.е. 25 и 30 мм.

Размер щелей в решетках из полиэтиленовых колосников - 6 мм, в решетках, набранных из металлических колосников специального профиля, - 5 мм.

Решета оказывают большое влияние на структуру водного потока в отсадочной камере. Скорость перемещения легких минеральных зерен находится в зависимости от площади живого сечения и с увеличением последней возрастает. Размер вихрей в потоке над решетом зависит от конструктивных особенностей решет. Большой размер вихрей характерен для решет со штампованными отверстиями и меньший при использовании щелевидных решет. Эффективность разделения материала в постели отсадочной камеры возрастает с уменьшением размера вихрей.

Решета жесткой конструкции в процессе отсадки забиваются "трудными" зернами, и их живое сечение уменьшается и приближается к предельному значению 0,2 (в долях единицы), и, как следствие, это сказывается на степени разрыхления постели, характере расслоения материала и ухудшении технологических показателей работы отсадочных машин.

Оптимизация конструкции отсадочного решета возможна за счет создания нового решета с минимальными размерами отверстий, максимальной площадью живого сечения, снижением застревания зерен в их отверстиях (щелях) или полным его исключением.

**Воздушные пульсаторы.** Воздушные пульсаторы служат для обеспечения пульсирующего движения воды. В отсадочных машинах ОМ1 и ОМА1 применены воздушные пульсаторы клапанного типа с электропневматической системой управления режимом пульсаций.

Применение пульсаторов этого вида позволяет плавно изменять в процессе наладки и регулировки частоту колебаний жидкости от 30 до 80 в минуту и соотношение между периодами впуска и выпуска воздуха и паузы между ними. Конструкция пульсатора позволяет оперативно регулировать гидродинамические параметры в зависимости от изменения состава исходного материала.

Клапанный пульсатор (рис. 8.3) состоит из двух клапанов - впускного 2 и выпускного 7, собранных в корпусе 1 и установленных рядом с воздушными коллекторами. Сжатый воздух для открытия и закрытия впускных и выпускных отверстий поступает в пневмобаллоны 3 и 5, жестко соединенные со штоками обоих клапанов. Степень открытия и закрытия впускных и выпускных отверстий регулируется вручную изменением хода клапанов с помощью регулировочного винта 4. Для возврата клапанов в первоначальное положение служат пружины 6.

Режим работы клапанов задается электропневматической системой управления, в которую входят блок вынужденных колебаний и электропневмопривод. По команде от блока вынужденных колебаний электропневматические клапаны осуществляют впуск и выпуск воздуха из пневмобаллонов, изменяя в случае необходимости цикл отсадки. Изменение соотношения периодов цикла, т.е. продолжительности периодов впуска, выпуска и пауз осуществляется регуляторами блока вынужденных колебаний.

В воздушных камерах установлены обратные клапаны, обеспечивающие предохранение пульсаторов от попадания в них шлама и воды, которое возможно при работе машины с большим размахом колебаний.

**Разгрузочные устройства тяжелых продуктов.** Устройство для удаления тяжелых продуктов состоит из разгрузочной щели, разгрузочного кармана, исполнительного органа и привода исполнительных механизмов. В новых конструкциях отсадочных машин использованы разгрузочные устройства с горизонтальной щелью с целью обеспечения спокойной выгрузки. Ее применение не нарушает в зоне разгрузки структуры расслоенной постели, т.е. не приводит к излишней турбулизации, которая возникает при вертикальном расположении разгрузочной щели и перетекании постели из одного отделения в другое.

Разгрузочные устройства с горизонтальной щелью снабжены

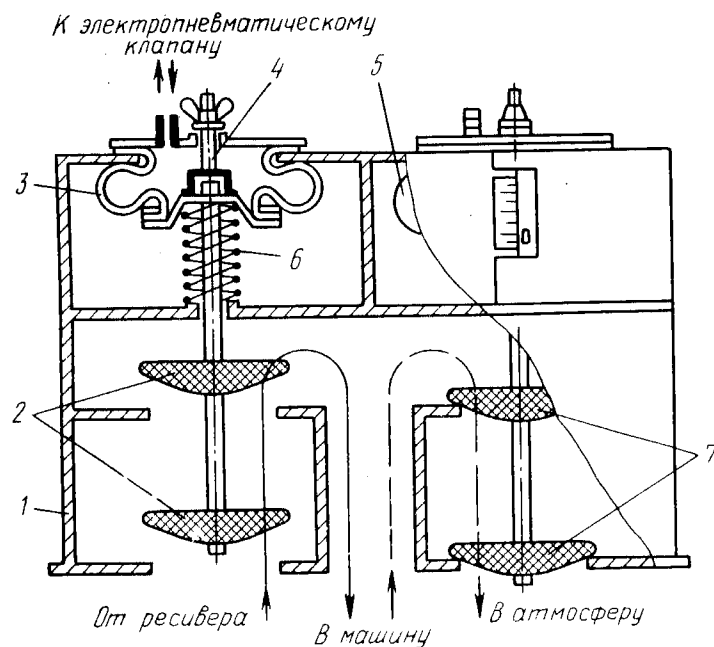


Рис. 8.3. Клапанный пульсатор

аккумулирующими карманами (глубокими). Глубокий карман, обеспечивающий надежную изоляцию отводной постели в зоне разгрузки от действия восходящего потока даже при неплотном закрытии его выпускного отверстия, используется в машинах типа ОМ1 и ОМА1.

Исполнительный орган разгрузочного устройства осуществляет дозировку или принудительное удаление разгружаемого продукта. В отдельных конструкциях он одновременно обеспечивает герметизацию разгрузочного кармана. Иногда выполнение этих функций совмещает один элемент (затвор), а иногда они разграничены между дозирующим или регулирующим устройством (шибером, затвором) и выгрузочным элементом (разгрузчиком).

Регулирующие исполнительных механизмов обычно работают непрерывно при отклонении высоты слоя постели от заданного значения. Выгрузочные элементы (сектор, ротор и др.), как правило, работают в автоматическом непрерывном или повторном кратковременном режимах. Секторный затвор использован в машинах ОМА1, ротор - в ОМ1.

Наиболее распространенным типом привода исполнительных механизмов является электрический. Это объясняется использованием в отсадочных машинах в основном ОМ1 роторных разгрузчиков. Для исполнительных органов периодического дейст-

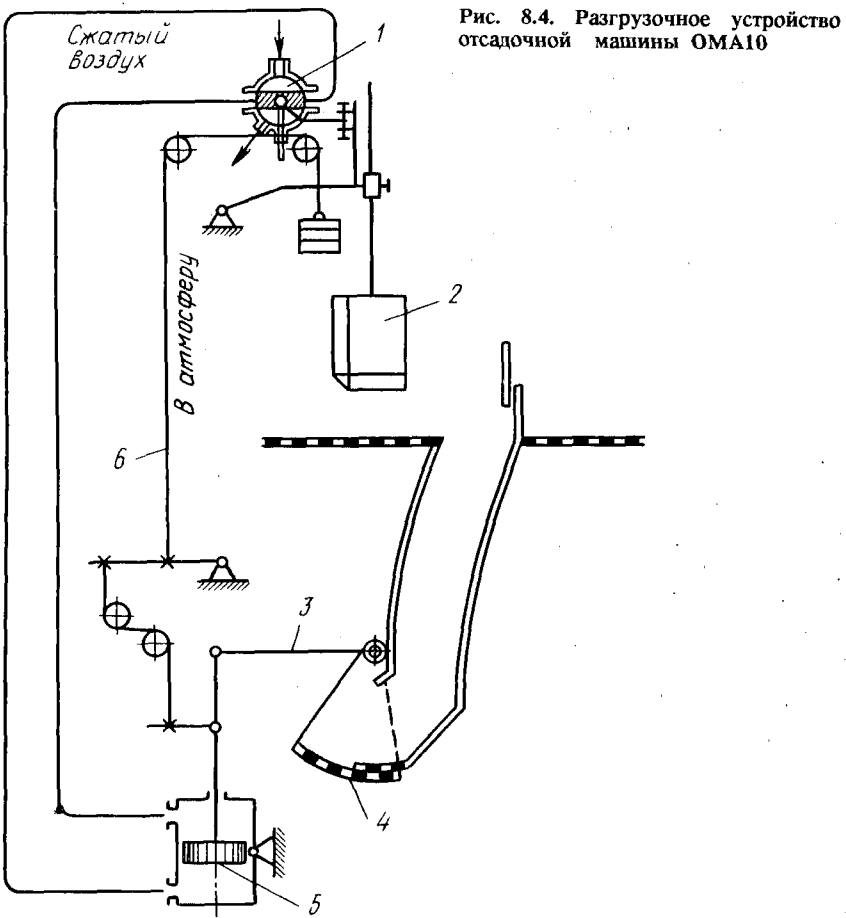


Рис. 8.4. Разгрузочное устройство отсадочной машины ОМА10

вия применяют пневматический привод. Преимуществом этого типа является возможность использования сжатого воздуха из системы воздухообеспечения машин ОМА1.

Разгрузочное устройство отсадочной машины ОМА10 (рис. 8.4) снабжено глубоким карманом, выгрузка тяжелого продукта из которого дозируется секторным затвором (4). Материал заполняет карман и ложится на сектор под углом естественного откоса. Сектор выполнен из перфорированного листа для увеличения текучести материала (во избежание его заклинивания от крупных кусков). При увеличении толщины слоя тяжелого продукта на отсадочном решете поплавковый датчик 2, поднимаясь, поворачивает распределительный золотник 1 в положение, при котором пневмопривод 5 с помощью рычага 3 поворачивает сектор 4 и увеличивает скорость выгрузки мате-

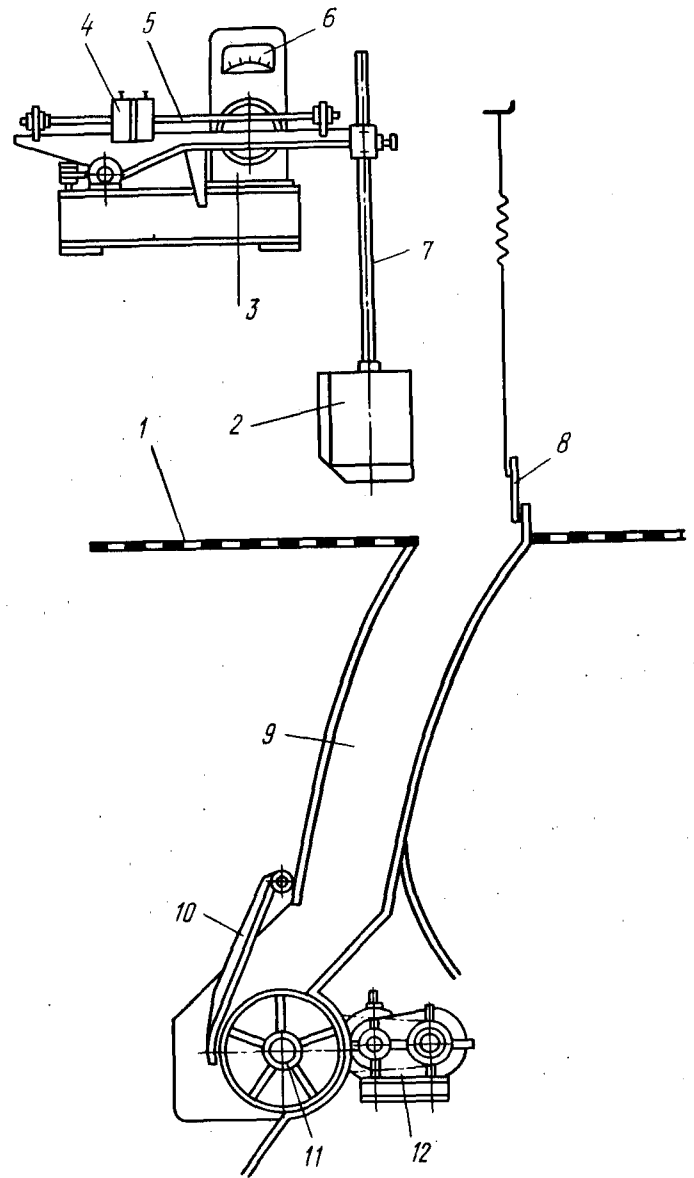


Рис. 8.5. Разгрузочное устройство отсадочной машины ОМ1

риала из кармана. При снижении толщины контролируемого слоя пневмопривод срабатывает в обратном направлении, снижая скорость выгрузки материала из кармана.

В разгрузочном устройстве обеспечивается стабилизация сектора 4 в любом новом положении за счет обратной связи 6 пневмопривода с золотником. За разгрузочной щелью перед следующим отделением машины установлен вертикальный шибер, регулируемый вручную при наладке работы устройства. Разгрузочное устройство машины ОМА10-1 позволяет выгружать антрацит крупностью до 250 мм.

Разгрузочное устройство отсадочных машин ОМ1 (рис. 8.5) расположено в конце машины под решетом 1 и состоит из роторного затвора 11, расположенного в нижней части аккумулирующей камеры 9, колосниковой завесы 10, ( в настоящее время вместо колосниковой завесы используется шибер над разгрузчиком), электрического привода 12 поплавкового датчика уровня постели 2, подвешенного на штоке 7, рычажной системы 5 с контргрузами 4 для регулирования массы поплавок, реостатного датчика 3 и преобразователя 6.

Масса поплавок подбирается перемещением контргрузов на рычаге, которому движение передается через шток с вилкой. Поплавковый датчик контролирует уровень постели заданной плотности, совершая вертикальные перемещения, преобразуемые датчиком в электрические сигналы. Датчик совмещен с измерительным прибором. Датчик дает выход электрического сигнала в автоматическую систему управления приводным устройством. Дополнительная регулировка режима разгрузка производится путем изменения положения вертикального шибера 8, во время наладки которым ограничивается свободное сечение выпускной щели (60-80 мм) и количество выгружаемого материала. Однако в процессе эксплуатации этих устройств было выявлено, что при попадании негабаритных кусков колосники не возвращаются в исходное положение, заклиниваются и вызывают нарушение режима выгрузки. В связи с чем в последней конструкции устройства вместо колосниковых завес 10 используется свободная щель, через которую тяжелый продукт ложится на лопасти ротора под углом естественного отката. Усовершенствование конструкции устройства коснулось и системы автоматического регулирования.

При наладке разгрузочных устройств отсадочной машины подбирают ширину разгрузочного отверстия (расстояние от нижней кромки шибера до вертикально расположенной лопасти ротора разгрузчика) и обеспечивают требуемую толщину слоя тяжелых частиц. Ширину разгрузочного отверстия выбирают в зависимости от крупности угля и регулируют шибером:

Крупность угля, мм . . . . . 13(6)-150  
 Ширина разгрузочного  
 отверстия, мм:

0,5-13(25)

загрузочная ступень . . . . .	180-200	90-100
промежуточная ступень . . . . .	160-180	70-80
разгрузочная ступень . . . . .	140-150	60-70

Для эффективной работы разгрузочных устройств необходимо поддерживать динамическое равновесие между поступлением тяжелых частиц в отсадочную машину и их удалением из нее. Такое равновесие можно обеспечить с помощью правильно подобранного поплавкового датчика уровня. Контролируемое датчиком значение эффективной (кажущейся) плотности можно регулировать, утяжеляя или облегчая поплавок систему, или изменяя толщину контролируемого слоя тяжелой постели.

Применение вертикальных порогов между отделениями также существенно влияет на качество выгружаемых продуктов. Вертикальные пороги с острой кромкой создают дополнительную турбулизацию потока и приводят к перемешиванию материала перед его разгрузкой.

При наладке отсадочных машин нужно правильно подобрать высоту порогов между ступенями и сливного порога в разгрузочной ступени. Высота порога характеризуется расстоянием от решета до верхней кромки порога, зависит от крупности обогащаемого угля:

Крупность угля, мм . . . . .	13(6)-150	0,5-13(25)
Высота порога, мм:		
загрузочная ступень . . . . .	320-360	300-340
промежуточная ступень . . . . .	300-400	280-320
разгрузочная ступень . . . . .	470-500	450-470

Поднимают и опускают пороги с помощью маховичков, установленных на двух винтах, при этом необходимо так монтировать пороги, чтобы их верхние срезки были горизонтальными, без каких-либо перекосов. Если же сливной порог установлен с перекосом, то из-за неравномерного по ширине решета потока смеси минеральных зерен ухудшается качество продуктов обогащения.

Структурная схема авторегулятора выгрузки отсадочных машин типа ОМ1 приведена на рис. 8.6.

Регулятор состоит из поплавкового датчика 1, пульта и панели управления, теристорного преобразователя 4 и электро-

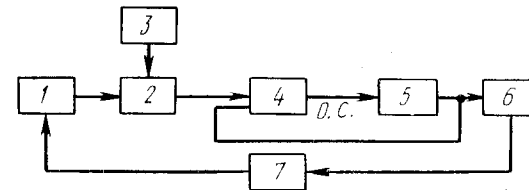


Рис. 8.6. Структурная схема авторегулятора выгрузки отсадочной машины ОМ1

двигателя постоянного тока 5. Вертикальное перемещение поплавок, соответствующее изменению высоты контролируемого слоя тяжелого продукта, передается сельсину и преобразуется в угловые перемещения его ротора. Напряжение, создаваемое в сельсине, поступает в блок преобразования 2, где формируется сигнал, пропорциональный высоте слоя, сравнивается с напряжением задатчика 3, разница напряжений усиливается, и формируется управляющий сигнал. Этот сигнал поступает на вход теристора преобразователя, на выходе которого устанавливается напряжение, пропорциональное этому сигналу. В соответствии с изменением управляющего сигнала изменяется частота вращения электродвигателя 5 и соответственно роторного разгрузчика 6 отсадочной машины 7.

### 8.3. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ К ОТСАДОЧНЫМ МАШИНАМ

Технологический комплекс отсадки, помимо самой отсадочной машины, включает вспомогательное оборудование, выполняющее общую технологическую задачу. К этому оборудованию относятся: загрузочно-обезвоживающие устройства, системы водоснабжения и воздухообеспечения машин, а также обезвоживающие элеваторы для транспортировки и обезвоживания тяжелых продуктов.

**Загрузочные устройства.** Загрузочно-обезвоживающие устройства предназначены для подготовки угля к обогащению. К ним относятся дуговые устройства типа УЗО и конические грохоты. Дуговые устройства типа УЗО служат для равномерного распределения материала по ширине отсадочного отделения, спокойного ввода исходного угля в машину, удаления избыточного количества транспортной воды и обесшламливания материала по зерну 0,5 (1) мм.

Загрузочно-обесшламливающее устройство УЗО2 (рис. 8.7) состоит из следующих узлов: обезвоживающего устройства 1, желоба 5 и переходной точки 7. В обезвоживающем устройстве на направляющих устанавливается дуговое сито 12, укрепленное брусками 3 и клиньями 2. Для приема и отвода подрешетной воды в нижней части корпуса имеется воронка с патрубком и фланцем.

В верхней части дугового сита с помощью прижимного устройства 4 крепится резиновый лист 11. Для равномерного распределения материала по ширине отсадочного отделения служит точка, в которой установлены два регулировочных щита 10 и поворотный шибер 9. Устройство снабжено съемными крышками 6 и 8.

Дуговые устройства типа УЗО изготавливаются двух типов: УЗ2 для отсадочных машин с рабочими отделениями шириной 2 м (ОМ-8, ОМ-12) и УЗ3 - шириной 3 м (ОМ-18) - и устанавливаются

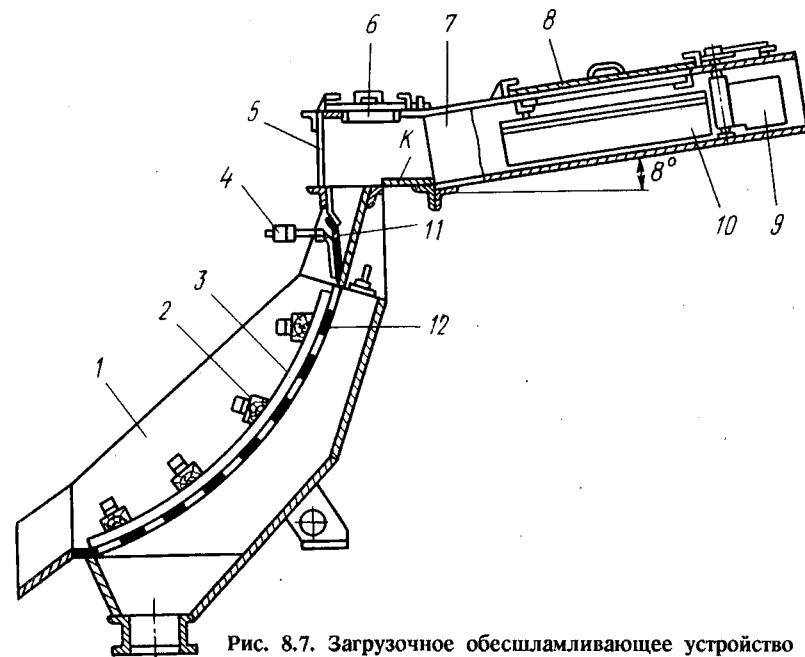


Рис. 8.7. Загрузочно-обесшламливающее устройство УЗО2

перед отсадочными машинами для угля размером 0-13 и 0-125 мм.

Производительность по питанию УЗ2 и УЗ3 соответственно 300 и 400 т/ч, площадь сита - 3,44 и 5,24 м<sup>2</sup>, радиус кривизны 1,9 м, размер щели сита 1 мм.

**Водоснабжение отсадочных машин.** Основным требованием к системе водоснабжения является удовлетворение необходимого расхода транспортной и подрешетной воды и поддержания постоянного давления в водяных коллекторах машин.

Для получения удовлетворительных показателей процесса отсадки содержание твердого в оборотной воде не должно превышать 50-80 г/л. Обратная вода, образующаяся на фабриках, осветляется с помощью различных устройств - пирамидальных отстойников, радиальных сгустителей, гидроциклонов. Удаление илстых частиц осуществляется флотацией.

В качестве транспортной воды на фабриках используется оборотная вода после первой или второй стадии осветления в водно-шламовой схеме. Для поддержания постоянного давления оборотной воды в системе водоснабжения предусматривается напорный бак.

В качестве подрешетной воды используется практически чистая осветленная вода после вторичного сгущения шламов, флокуляции и сгущения отходов флотации. Подрешетную воду в воздушные камеры машины подводят при помощи водяного коллек-



Т а б л и ц а 8.2

Угол открытия заслонок, градус

Степень отсадочной машины	Но-мер заслонки	OM8-3	OM12-3	OM13-3	OM18-3	OM24-2	OMA10-1м
Загрузочная	1	35-50	35-50	50-70	50-70	65-85	45-60
	2	30-45	30-45	50-65	50-65	60-75	45-60
Промежуточная	3	-	30-45	-	45-60	50-65	35-50
	4	-	35-40	-	40-55	45-60	-
Разгрузочная	5	30-45	15-35	30-45	30-45	45-50	25-40
	6	25-40	15-35	30-45	30-40	40-45	15-35

тора, который представляет собой горизонтально расположенную трубу. К трубе приварены патрубки с фланцами. К фланцам патрубков крепят водяные заслонки, с помощью которых регулируют расход подрешетной воды в каждую воздушную камеру машины.

Ориентировочные углы открытия дроссельных заслонок подрешетной воды для различных типов отсадочных машин приведены в табл. 8.2.

При обогащении крупного или неклассифицированного угля, а также при повышенном содержании в обогащаемом материале тяжелых фракций расход воды увеличивается, следовательно, и угол открытия дроссельных заслонок должен быть больше. Для перекачки оборотной воды используются центробежные насосы НДС и Д.

**Воздухоснабжение отсадочных машин.** Расслоение материала в отсадочной машине зависит не только от воздушного цикла, но и от входных параметров воздуха - давления, расхода и стабильности этих показателей. Поэтому выбор воздухоподводящих устройств и схемы воздухоснабжения отсадочных машин производится с учетом обеспечения необходимого сжатого воздуха заданного давления с его минимальными колебаниями. Учитывая, что воздухоподводящее устройство работает постоянно, а в отсадочную машину воздух попадает периодически, между ними устанавливается промежуточная емкость - воздухоборник для стабилизации давления сжатого воздуха. Такой сборник особенно необходим, если в работе находится несколько отсадочных машин, тогда промежуточная емкость стабилизирует не только давление, но и расход воздуха.

Объем воздухоборника определяется из расчета 0,7-1 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> рабочего решета отсадочной машины. При одновременной работе нескольких отсадочных машин вместимость воздухоборника увеличивается на 15-20% против расчетной. Как правило, воздухоборник располагается вблизи воздухоподводки.

При значительном удалении отсадочной машины от воздухо-

борника устанавливаются индивидуальные сборники непосредственно около отсадочной машины объемом 2-3 м<sup>3</sup>.

Удельные расходы сжатого воздуха для современных отсадочных машин с подрешетными воздушными камерами приведены в табл. 8.3.

Крупность материала, мм . . . . .	0,5-13	6-150	13-150
Удельный расход воздуха, м <sup>3</sup> (м <sup>2</sup> ·ч), при обогащении:			
угля . . . . .	180-220	-	250-300
антрацита . . . . .	250-300	220-350	-

Для подачи воздуха в отсадочные машины применяют воздухоподводки типа ТВ. Эти машины многоступенчатые по мере прохождения воздуха через ступени давление его повышается. После наладки и регулировки воздухоподводки проверяют все воздушные коммуникации и устраняют обнаруженные неисправности (утечки воздуха).

В отсадочной машине регулируют ход впускных и выпускных клапанов и частоту пульсаций, определяя их оптимальное значение. При движении отсадочной постели вдоль машины изменяется ее гранулометрический и фракционный составы. По этой причине расход воздуха для ее разрыхления должен быть различным в разных ступенях машины.

Ход впускных и выпускных клапанов зависит от места расположения клапана (его порядкового номера по направлению движения материала) и крупности обогащаемого угля, а также от ширины рабочей части отсадочной машины. Ход впускных и

Т а б л и ц а 8.3

Ход впускных и выпускных клапанов в отсадочных машинах

Степень отсадочной машины	Но-мер пульсатора	Ход пускового (выпускного) клапана, м					
		OM8-3	OM12-3	OM13-3	OM18-3	OM24-2	OMA10-1м
Загрузочная	1,2	20(15)	20(15)	25(20)	25(20)	30(25)	20(15)
		25(20)	25(20)	30(25)	30(25)	35(30)	25(20)
Промежуточная	3,4	-	15(10)	-	20(15)	25(20)	15(10)
		-	20(20)	-	25(20)	30(25)	20(20)
Разгрузочная	5,6**	15(15)	15(15)	25(20)	15(15)	20(15)	10(10)
		20(20)	20(20)	30(25)	20(20)	25(20)	15(15)

\* В машине OMA10-1м пульсаторы 1,2 и 3 установлены в загрузочной ступени, а пульсаторы 4 и 5 в разгрузочной; в числителе приведены значения для крупного угля 6-25 мм, в знаменателе - для крупности 6-150 мм.

\*\* Пульсатор 6 установлен только на машинах OM18-3 и OM24-2.

выпускных клапанов отсадочной машины при крупности исходного угля 0,5-13 мм (числитель) и 13-150 мм (знаменатель) приведен в табл. 8.3.

#### 8.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, СХЕМЫ И РЕЖИМЫ ОТСАДКИ

Гранулометрический состав обогащаемого материала существенно влияет на результаты обогащения. Практика обогащения показывает, что с уменьшением крупности исходного материала и увеличения содержания в нем мелких классов результаты обогащения ухудшаются. Это в значительной мере объясняется факторами, препятствующими качественному разделению, такими как повышенная турбулизация потоков, вязкость среды, соударения частиц различной плотности между собой и др. При большом количестве мелких зерен эффективность их обогащения по плотности снижается. Чем больше скорость потока и чем выше его турбулентность, тем более крупные частицы уходят в концентрат.

Особенно существенно на результаты обогащения влияет содержание в исходном материале крупностью до 13 мм класса 0-1 мм.

Мелкие и тонкие классы в отсадочной машине не только плохо разделяются по плотности, но и снижают эффективность обогащения более крупных классов. Это свидетельствует о том, что для повышения качества обогащения исходный уголь, поступающий в отсадочную машину, необходимо подвергать обесшламливанию. Размер граничного зерна определяется на основании технико-экономических и технологических факторов, исходя из целесообразности и эффективности обогащения мелких и тонких классов не только отсадки, но и другими методами.

Нижний граничный размер частиц для отсадки и верхний для флотации колеблются на различных обогатительных фабриках в пределах 0,5-0,2 мм. Эти пределы определяют минимальную крупность питания отсадочных машин. Верхний предел крупности определяется, в основном, конструктивными особенностями разгрузочных устройств отсадочных машин и составляет 100-150 мм. Исключением являются отсадочные машины типа ОМА, в которых возможно обогащение антрацита крупностью до 250 мм.

Что касается технологических показателей обогащения крупных классов угля, следует отметить, что на некоторых отсадочных машинах они сравнимы с эффективностью обогащения в тяжелосредних сепараторах.

Общепринятой является технологическая схема, в соответствии с которой исходный уголь перед обогащением разделяется на два машинных класса - крупный и мелкий, с последующим обесшламливанием и обогащением мелкого в отсадочных машинах,

крупного - в тяжелосредних сепараторах. Для обогащения мелких классов угля необходима меньшая скорость восходящего потока, чем для обогащения крупных классов.

В ряде случаев отсадка используется для обогащения энергетического угля в широком диапазоне крупности, например, 0,5-80 (100) мм, когда необходимо отделить только наиболее тяжелые породные фракции, а качество концентрата не регламентировано жесткими нормами.

Изменение гранулометрического состава, поступающего на обогащение угля, приводит к ухудшению результатов обогащения. В производственных условиях наблюдаются довольно резкие колебания гранулометрического состава угля, что значительно затрудняет получение в отсадочных машинах стабильно высоких показателей разделения. Единственным способом, позволяющим уменьшить влияние изменения гранулометрического состава, является усреднение исходного угля. Однако и в этом случае не удается полностью исключить возможность колебания гранулометрического состава обогащаемого материала.

В настоящее время новые воздушные пульсаторы (клапанного типа) позволяют путем изменения частоты пульсаций и цикла отсадки регулировать режимы разделения в отсадочной машине в зависимости от качества исходного материала до тех пор, пока не будут получены продукты обогащения требуемого качества.

**Фракционный состав.** Одним из основных факторов, определяющих результаты работы отсадочных машин, является содержание в исходном угле промежуточных фракций плотностью 1500-1800 кг/м<sup>3</sup>. Содержание фракций этой плотности, отнесенных к беспородной массе, характеризует **о б о г а т и м о с т ь** угля.

Не менее важное значение имеет характер распределения фракций различной плотности как во всем исходном материале, так и особенно в зоне плотности разделения, по которой идет обогащение.

При разделении угля в отсадочной машине по какой-либо плотности элементарные фракции, расположенные выше или ниже плотности разделения, могут иметь больший или меньший выход в зависимости от фракционного состава исходного материала. Если выход этих фракций в пределах принятого шага (например, 100 кг/м<sup>3</sup>) изменения плотности незначительны, то разница в плотностях этих фракций, расположенных по обе стороны плотности разделения, будет существенной. Граница разделения в этом случае выражается четко, а фракции, распределяемые между продуктами, будут более существенно отличаться друг от друга. В этом случае разделение угля по данной плотности не будет представлять большую трудность.

Если соседние фракции имеют большой выход и граница разделения в этом диапазоне плотностей будет выражена не явно, при прочих равных условиях разделение угля подобного фрак-

ционного состава будет менее точным. Ухудшение качества разделения связано с тем, что увеличивается количество зерен, плотность которых несущественно отличается от плотности разделения. Это свидетельствует о том, что с уменьшением различия плотностей разделяемых фракций возрастает вероятность засорения посторонними фракциями продуктов обогащения.

Исследования по изучению влияния динамики измерения фракционного состава обогащаемого материала на показатели разделения показывают, что в практических условиях за счет использования систем автоматического регулирования возможно получение достаточно высоких технологических результатов обогащения в отсадочных машинах углей с различным фракционным составом.

Удельная производительность. Основное требование, которое предъявляется к любому обогатительному аппарату, заключается в максимальной точности разделения при заданной для конкретных условий производительности.

На эффективность разделения по плотности в отсадочной камере влияет удельная производительность машины по исходному углю.

При высокой удельной производительности увеличивается скорость горизонтального перемещения слоев постели, снижается время пребывания материала в машине. Материал не успевает разделяться по плотности, что приводит к неудовлетворительному качеству продуктов обогащения - к увеличению засорения концентрата тяжелыми фракциями и потерям легких фракций в отходах.

При очень высокой удельной производительности, приводящей к большой средней скорости горизонтального перемещения постели, отсадочная машина превращается более в транспортное устройство, чем в технологический аппарат, в котором постель почти не разделяется, так как время пребывания материала в машине оказывается недостаточным для удовлетворительного расслоения его по плотности.

Компенсировать ухудшение продуктов обогащения изменением гидродинамических параметров режима работы отсадочной машины нельзя. Частота колебаний жидкости и особенно соотношение периодов цикла отсадки имеют небольшой диапазон оптимальных значений и не могут изменяться произвольно.

Чем больше времени находится материал в отсадочной машине (до определенного предела), тем выше качество получаемых продуктов и возрастает точность разделения.

Однако при весьма низких удельных производительностях показатели обогащения оказываются также неудовлетворительными вследствие перемешивания части материала из слоев с различной плотностью, при этом резко возрастают потери легких фракций в отходах и промпродукте.

В ряде случаев ограничение минимальной нагрузки связано с малым содержанием в исходном материале тяжелых фракций. Если

количество тяжелого продукта, содержащегося в исходном угле и способного пройти сквозь решето, будет меньше пропускной способности решета, то под решето уйдет не только тяжелый продукт, но и часть легких фракций.

Сокращение потерь угля с отходами обогащения возможно при применении искусственной постели. Однако и искусственная постель имеет определенную пропускную способность, и в некоторых случаях возможно попадание легких фракций в тяжелые продукты. Удельная производительность отсадочных машин существенно зависит от многих факторов: крупности минеральных зерен, содержания легких фракций и класса 0,5-3 мм (0-3 мм) в исходном угле, обогатимости угля и др. На основании опыта эксплуатации отсадочных машин при обогащении мелкого, крупного и ширококлассифицированного углей, в зависимости от содержания легких фракций, обогатимости и зерен различной крупности в исходном материале, рекомендуются следующие удельные нагрузки (табл. 8.4).

Гидродинамический режим в отсадочной машине определяется частотой пульсаций жидкости, давлением воздуха и циклом отсадки.

На гидродинамический режим существенное влияние оказывает частота пульсаций среды. При низких частотах пульсации обеспечиваются более высокие скорости восходящего потока, увеличение амплитуды колебаний, максимальный подъем постели и ее большое время нахождения во взвешенном состоянии, а следовательно, повышение степени разрыхленности и возрастание точности разделения исходного материала по плотности.

Однако такой гидродинамический режим в машине становится менее устойчивым и более чувствительным к изменению качества и количества исходного материала, требует подачи более чистой оборотной воды, внимательного надзора за режимом отсадки и отлаженной системы автоматического регулирования.

При повышенных числах пульсаций среды гидродинамический режим становится более устойчивым, но снижаются выходные гидродинамические параметры (амплитуда колебаний жидкости, подъем постели, скорость восходящего и нисходящего потоков и разрыхленности постели), особенно основной показатель - степень разрыхления отсадочной постели. В условиях значительных колебаний нагрузки, гранулометрического и фракционного составов рекомендуется работать при более высоких числах пульсаций. Использование современных универсальных приводов с широким диапазоном изменения частоты пульсаций в пределах 30-80 мин<sup>-1</sup> позволяет оперативно изменять ее значение для каждого конкретного случая.

Весьма важное значение для гидродинамического режима имеет давление воздуха. С увеличением давления воздуха увеличиваются скорость восходящего потока и амплитуда колебаний, в значительно большей степени возрастает скорость нисходящего потока, подъем постели и особенно наиболее эффек-

Рекомендуемые удельные нагрузки (т/ч на 1 м<sup>2</sup>) на отсадочные машины

Содержание легких фракций в исходном угле, %	Содержание класса 0,5-3 мм в исходном угле, %						свыше 60							
	до 30			30-60			Обогащаемость							
	легкая	средняя	трудная	легкая	средняя	трудная	легкая	средняя	трудная	легкая	средняя	трудная		
Свыше 80 80-50 До 50	20-18	15-12	12-10	15-12	12-10	10-8	10-9	8-7	7-6	7-6	7-6	13-150 мм		
	18-12	12-10	10-8	12-10	10-8	8-6	9-8	7-6	6-5	25-20	18-15	15-12		
	12-10	10-8	8-6	10-8	8-6	6-5	8-6	6-5	5	20-15	15-12	12-10		
												15-12	12-10	10-8

Продолжение табл. 8.4

Содержание легких фракций в исходном угле, %	Содержание класса 0-3 мм в исходном угле, %						свыше 50						
	до 20			20-50			Обогащаемость						
	легкая	средняя	трудная	легкая	средняя	трудная	легкая	средняя	трудная	легкая	трудная	средняя	
Свыше 80 80-50 До 50	18-15	15-10	10-8	15-12	12-10	10-8	10-8	10-8	8-6	6-5	0-7	7-6	Не обогашать
	15-12	10-8	8-6	12-10	10-8	8-6	10-8	8-6	8-6	10-8	7-6	6-5	6
	12-10	8-6		10-8	8-6	6-5	10-8	8-6	6-5	10-8	6-5	6-5	

Ширококлассифицированный уголь

тивно изменяется разрыхленность отсадочной постели. Желательно так изменять давление в воздушной камере, чтобы относительно короткое время при восходящем потоке воды достиглась оптимальная разрыхленность по всей высоте постели.

С уменьшением частоты пульсаций и увеличением начального давления воздуха возрастает амплитуда пульсаций воды и максимальные скорости восходящего и нисходящего потоков воды:

Начальное давление воздуха, кПа	5	6,5	8
Амплитуда пульсаций*, мм	52/26	74/36	99/49
Максимальная скорость потоков*, см/с:			
восходящего	12,3/10,3	17,2/14,1	22,7/18,3
нисходящего	9,1/15,6	14,4/8,1	20,1/13

\* В числителе и знаменателе приведены значения параметров при частоте пульсаций соответственно 40 и 60 мм<sup>-1</sup>.

Значительно меньшую роль, чем число пульсаций и давление воздуха в выборе гидродинамического режима работы отсадочных машин, играют циклы отсадки. Под циклом понимается характер изменения скоростей движения воды в вертикальном направлении в отсадочной машине в течение одного периода пульсаций. Беспоршневые отсадочные машины работают по асимметричному циклу (рис. 8.8). Кривая асимметричного цикла характеризуется тем, что время действия восходящей струи воды меньше, чем нисходящей ( $t_b < t_n$ ), а максимальная скорость восходящей струи больше максимальной скорости нисходящей струи ( $U_b > U_n$ ).

С помощью применения клапанных пульсаторов представляется возможным широко изменять продолжительность впуска, выпуска и паузы между ними в зависимости от характеристики обогащаемого рядового угля. Пауза после впуска воздуха необходима для увеличения времени разрыхления и текучего состояния постели.

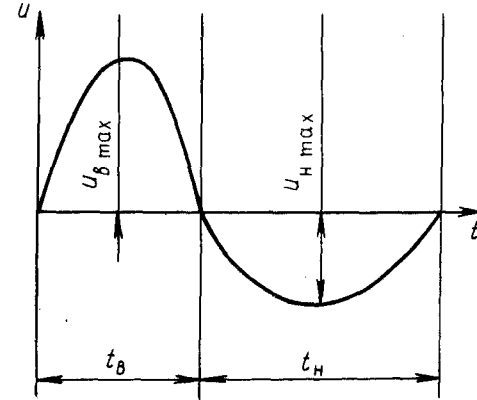


Рис. 8.8. Кривая асимметричного цикла отсадки

Гидродинамические параметры отсадочных машин

Параметры	Уголь			Антрацит
	13-150, мм	0,5-13, мм	6-150, мм	0,5-13(25), мм
Частота пульсаций, Гц	0,75-0,83	0,92-1,08	0,67-0,75	0,83-0,92
Давление воздуха в воздухоборнике, кПА:				
загрузочная ступень	35-40	30-35	40-50	35-40
промежуточная ступень	30-35	28-30	-	30-35
разгрузочная ступень	28-30	25-28	35-40	28-30

Если время впуска воздуха в машину равно времени выпуска воздуха, такой цикл называется симметричным. Несмотря на большие возможности использования разнообразных циклов, их влияние на показатели работы отсадочных машин не очень существенно, так как такие же (одинаковые) результаты возможно получить за счет изменения других параметров. Параметры колебательного движения воды и постели определяются в основном частотой пульсаций воды и начальным давлением воздуха, подаваемого в воздушную камеру машины.

Выбор гидродинамических параметров зависит от крупности обогащаемого угля и содержания в нем тяжелых фракций.

В табл. 8.5 приведены гидродинамические параметры, рекомендуемые при наладке отсадочных машин.

Расход подрешетной воды. Подрешетная вода является одним из основных факторов оперативного регулирования процесса отсадки и ее расход в первую очередь определяется степенью разрыхленности отсадочной постели.

Подрешетная вода как фактор оперативного регулирования процесса отсадки, выполняет ряд функций, основные из которых заключаются в увеличении скорости восходящего потока, снижении скорости нисходящего потока и участии вместе с транспортной водой в перемещении слоя концентрата к сливному порогу машины. Скорость восходящего потока воды находится в пределах 12-20 и 20-30 см/с при обогащении соответственно мелкого и крупного угля и антрацита. Скорость нисходящего потока примерно равна скорости восходящего потока.

Необходимо также непрерывно подавать подрешетную воду в отсадочную машину и для стабилизации уровня воды в воздушных камерах, а также поддержания баланса воды при ее пульсациях.

Точность разделения материала является функцией разрыхленности постели. Изменение разрыхления достигается не только изменением частоты пульсаций и давления воздуха, но и расходом подрешетной воды. Разрыхленность постели зависит от

Удельный расход воды на отсадочные машины в зависимости от характеристики угля

Характеристика обогащаемого угля			Удельный расход воды, м <sup>3</sup> /т		
Обогатимость	Крупность, мм	Содержание породы, %	Транспортная	Подрешетная	Общая
Легкая и средняя	Менее 13	Менее 15	1,3	1,6	2,9
		15-25	1,4	1,7	3,1
	Более 13	Более 25	1,6	1,9	3,5
		Менее 15	1,4	1,8	3,2
Трудная и очень трудная	Менее 13	15-25	1,5	2,0	3,5
		Более 25	1,8	2,2	4,0
	Более 13	Более 25	2,0	2,4	4,4
		Менее 15	1,6	2,3	3,9
		15-25	1,9	2,5	4,4
		Более 25	2,3	2,7	5,0

давления воздуха более значительно, чем от расхода подрешетной воды. Однако расходом подрешетной воды обеспечивается более точная регулировка степени разрыхления, чем давлением воздуха. В промышленных условиях давление воздуха регулируется при изменении гранулометрического и фракционного состава исходного материала при резких изменениях нагрузки на машину. Окончательно режим разделения определяется более точно расходом подрешетной воды.

При недостатке подрешетной воды увеличиваются потери легких фракций угля с отходами отсадки вследствие неудовлетворительного разделения его по плотности в чрезмерно уплотненной постели (при нисходящем потоке).

Излишнее количество подрешетной воды способствует увеличению разрыхленности постели и скорости транспортировки верхних ее слоев, а следовательно, выносу мелких тяжелых фракций в концентрат и ухудшению его качества.

Эффект воздействия подрешетной воды на отсадочную постель зависит от числа пульсаций. При малых числах пульсаций увеличение расхода подрешетной воды более существенно изменяет разрыхленность постели, чем при больших числах пульсаций. Это свидетельствует о том, что при малых числах колебаний жидкости для получения оптимальной степени разрыхления требуются меньшие расходы подрешетной воды.

Расход подрешетной воды зависит от крупности угля, его обогатимости и содержания в нем тяжелых фракций. Чем мельче обогащаемый уголь, выше степень обогатимости и меньше в нем

содержится тяжелых фракций, тем меньше подрешетной воды требуется на отсадку.

Расход воды подрешетной и транспортной на 1 т обогащаемого угля при хорошей организации технологии для современных отсадочных машин приведен в табл. 8.6.

Из табл. 8.6 видно, что расход подрешетной воды составляет 60-55%, а транспортной 40-45% общего ее расхода. Расход воды на отсадку мелкого зерна в зависимости от содержания породы в исходном угле, колеблется в довольно широких пределах от 2,9 до 4,4 м<sup>3</sup>/м, а крупного угля от 3,2 до 5,0 м<sup>3</sup>/м.

Итак, расход подрешетной воды выбирается с таким расчетом, чтобы обеспечить оптимальную разрыхленность постели и, следовательно, получить наилучшие результаты разделения угля по плотности.

**Разгрузка тяжелых продуктов.** Точность разделения исходного материала зависит не только от успешного расслоения его на фракции различной плотности в постели отсадочной машины, но и от способа удаления из машины тяжелых продуктов отсадки.

При обогащении углей применяют два способа разгрузки тяжелых продуктов - механический и через решето. Механический способ используют при работе машин с естественной постелью, а разгрузка через решето - при искусственной постели. В ряде случаев применяют также комбинированный способ удаления тяжелых фракций.

При механической разгрузке важным параметром является высота тяжелого слоя. Для удаления тяжелого продукта с минимальными потерями легких фракций в месте выгрузки необходимо поддержание достаточно высокого слоя удаляемого продукта. Однако с увеличением слоя тяжелого продукта возрастает вероятность засорения концентрата посторонними фракциями, уменьшаются его разрыхленность и технологическая эффективность расслоения. При малой высоте породного слоя увеличиваются потери угольных фракций с породой и снижается устойчивость режима разгрузки.

Поэтому высота породного слоя постели должна иметь оптимальное значение и поддерживаться на заранее заданном уровне. Для этого в отсадочных машинах предусмотрены роторные (секторные) разгрузочные устройства, которые непрерывно разгружают тяжелые продукты. Скорость разгрузки можно изменять в зависимости от поступления тяжелого продукта с исходным материалом.

Толщина этого слоя зависит также от скорости его продвижения к разгрузочной щели. Вместе с тем, высота слоя тяжелого продукта является определяющим фактором в системе автоматического регулирования разгрузки тяжелых продуктов.

В зависимости от содержания в продуктах обогащения посторонних фракций либо увеличивают, либо уменьшают толщину

слоя тяжелых частиц - расстояние от нижней кромки датчика уровня до решета.

Толщину этого слоя выбирают с учетом крупности угля:

Крупность угля, мм . . . . .	13(6)-150	0,5-13(25)
Толщина породного слоя, мм:		
загрузочная ступень . . . . .	220-250	200-220
промежуточная ступень . . . . .	200-230	180-200
разгрузочная ступень . . . . .	180-200	150-170

Высота контролируемого слоя промпродукта незначительно ниже высоты породного слоя. Разница в плотностях концентрата и промпродукта в промпродуктовом отделении выражается менее четко, чем в породном, что затрудняет поддержание оптимальной высоты слоя промежуточных фракций.

Искусственная постель применяется при обогащении углей крупностью до 13 мм. При этом способе разгрузки тяжелые фракции удаляются только через решето непрерывно по всей площади машины. Так как разгрузка тяжелых фракций производится по мере расслоения постели, накопления слоя тяжелого продукта не происходит.

Основное преимущество искусственной постели заключается в высокой селективности, т.е. способности пропускать частицы тяжелых продуктов и удерживать частицы легких продуктов. Этот способ разгрузки тяжелых продуктов обеспечивает наибольшую точность разделения. Однако при его использовании производительность по выделению тяжелых продуктов значительно ниже, чем в отсадочных машинах с механической разгрузкой.

Учитывая достоинства и недостатки обоих способов разгрузки, в практике обогащения применяют также комбинированный способ удаления тяжелых продуктов. Использование комбинированной разгрузки позволяет с ростом производительности отсадочной машины повысить эффективность разделения (особенно частиц крупностью 0,5-3 мм). Для получения низкочастотных концентратов используется комбинированная разгрузка тяжелых продуктов. Искусственная постель в этих случаях применяется частично в среднем отделении машины и в последнем.

Использование подобных схем связано со снижением производительности. Выпускаемые отсадочные машины предусматривают возможность разгрузки как механическим разгрузчиком, так и через искусственную постель. В машинах с тремя рабочими отделениями (ОМ12-1, ОМ18-1 и ОМ24-1) возможны комбинации распределения площади отсадки для выделения породы и промпродукта в зависимости от состава исходного угля и требований к качеству продуктов обогащения.

Варианты схем выделения тяжелых продуктов приведены на рис. 8.9. В зависимости от содержания тяжелых и промежуточных фракций среднее отделение можно использовать для выделения породы или промпродукта. При выделении трех конечных продуктов в среднем отделении выделяют смесь тяжелых и про-

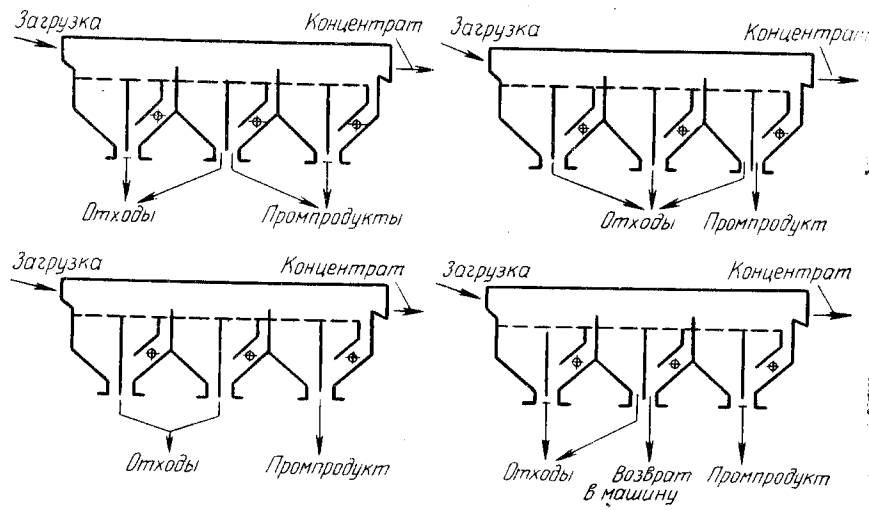


Рис. 8.9. Варианты схем выделения тяжелых продуктов отсадки

межучточных фракций с ее возвратом в голову машины для переобогащения.

Схемы и режимы отсадки. Классической схемой при обогащении углей для коксования является схема с двумя машинными классами и выделением двух конечных продуктов на основных отсадочных машинах и переобогащения промежуточного продукта на контрольной отсадочной машине с дроблением крупных сростков в дробилках.

В технологических схемах новых фабрик при обогащении крупных классов в тяжелосредних сепараторах, отсадка используется для обогащения мелкого угля с получением трех конечных продуктов в основных машинах при малых удельных нагрузках или с контрольной машиной при нагрузках более 10 т/ч на 1 м<sup>2</sup>.

При обогащении энергетических углей и антрацитов, особенно при небольшом содержании промежуточных фракций, разделение производится по плотности 1700-1800 кг/м<sup>3</sup> (для углей) и 1900-2000 кг/м<sup>3</sup> (для антрацитов), применяется схема для выделения двух конечных продуктов. Тяжелые продукты последних отделений обычно возвращаются в ту же отсадочную машину для переобогащения. Промежуточные фракции в этом случае направляются в концентрат, увеличивая в некоторой степени его зольность.

При большом содержании в исходном угле или антраците тяжелых фракций при обогащении в трехступенчатых отсадочных машинах в 1-м и 2-м отделениях выделяется порода.

Если же в исходном материале содержится большое количество промежуточных фракций или требуется выделить в данной

отсадочной машине товарный промпродукт, то вторая ступень оборудуется обезвоживающим элеватором и регулируется для выделения смеси промежуточного продукта и мелкой породы с последующим направлением ее на переобогащение в эту же или в контрольную отсадочную машину. Третья ступень при этом используется для выделения товарного промпродукта.

При обогащении мелкого угля предусматривается возможность работы с искусственной постелью и комбинированным способом - с искусственной постелью во втором и третьем отделениях машины. Наличие в машинах ОМ12 и ОМ18 трех отделений позволяет их использовать в более гибких технологических схемах при изменении содержания в исходном угле породных и промежуточных фракций.

Технологические схемы отсадки углей отличаются большим разнообразием, поэтому целесообразность применения того или иного варианта определяется на основе технико-экономических данных.

Выбор оптимального режима отсадки углей и антрацитов определяется тремя основными факторами - качеством концентрата, величиной потерь легких фракций в отходах обогащения и удельной производительностью. На предприятиях обогащаются угли различного гранулометрического и фракционного составов. Поэтому для каждой обогатительной фабрики допустимые нормы взаимозасорения продуктов отсадки уточняются в зависимости от обогатимости исходного угля, принятой технологической схемы отсадки, их удельной производительности и других факторов, влияющих на эффективность обогащения. В связи с этим режимы подбираются в каждом конкретном случае применительно к условиям той или иной обогатительной фабрики.

При обогащении углей различной крупности в беспоршневых отсадочных машинах рекомендуется следующий примерный режим работы

Угли	Каменные	Антрациты
Число пульсаций в 1 мин при		
крупности, мм:		
более 13(25)	40-45	-
0,5-13(25)	50-60	-
0,5-80(100)	45-50	-
0,5-13(6)	-	50-55
13(6)-250	-	40-45
Удельный расход воздуха в отсадочной		
машине, м <sup>3</sup> (м <sup>2</sup> ·м):		
типа ОМ	3-3,5	
типа ОМА	5,4-5,9	

Режим работы отсадочных машин устанавливается в зависимости от требований к качеству конечных продуктов для данной фабрики. Уголь в отсадочную машину должен поступать через специальные загрузочно-обесшламливающие устройства типа ГК или УЗО, которые обеспечивают сброс основной массы транспортной воды, спокойное поступление материала и равномерное распределение его по ширине машины. Количество транспортной воды должно устанавливаться согласно режимной карте, утвержденной главным инженером фабрики.

Перед пуском отсадочной машины необходимо проверить: состояние и исправность цепей обезвоживающих элеваторов, исправность системы управления пульсациями и системы управления разгрузкой тяжелых фракций, исправность решет породного и промпродуктового отделений, исправность коммуникаций и задвижек транспортной и подрешетной воды; а также исправность коммуникаций и задвижек (заслонок) воздуха, степень их открытия, наличие в баках циркуляционной воды и смазки на клапанных пульсаторах.

Отсадочная машина является средним звеном в технологической цепи и в нормальных условиях работы фабрики пуск ее производится только при условии безотказной работы всех предшествующих и последующих механизмов. Поэтому пуск комплекса отсадки производится аппаратчиком после разрешения диспетчера (оператора) и подачи предупредительного сигнала о пуске.

Для пуска в работу отсадочной машины необходимо: открыть задвижки транспортной и подрешетной воды, включить привод обезвоживающих элеваторов, включить привод пульсаторов и воздухоподогреватель при закрытой задвижке на трубопроводе подачи воздуха, подать нагрузку, по достижении в породном отделении требуемой толщины слоя материала, включить привод разгрузочного устройства, открыть воздушную задвижку, проверить визуально работу разгрузочных устройств во всех отделениях машины; проверить пространство над выпускной щелью (карман), которое должно быть заполнено породой (промпродуктом) во избежание потерь концентрата; транспортную воду подавать в минимально необходимом объеме, так как ее излишек увеличивает скорость горизонтального продвижения рядового угля, что может ухудшить разделение его на фракции; отрегулировать подачу подрешетной воды и воздуха на оптимальный режим.

Во время работы отсадочной машины не должно быть бурления воды в машине; движение потока (вода и уголь) вдоль машины должно быть равномерным; разгрузка осевших продуктов отсадки должна быть непрерывной; запрещается остановка отсадочной машины и обезвоживающих элеваторов под нагрузкой.

При колебаниях качества и массы исходного угля необходимо осуществлять регулировку путем изменения расхода подрешетной

воды, расхода подаваемого в каждый отсек воздуха с помощью воздушных вентиляторов и дроссельных заслонок; высоты породной и промпродуктовой постели путем изменения массы поплавок или положением контргруза на коромысле.

При кратковременной остановке машины (во время перерыва поступления рядового угля в машину) для сохранения отсадочной постели необходимо: прекратить подачу воздуха, закрыть общую заслонку на подводящем трубопроводе (коллекторе); остановить разгрузочное устройство для сохранения материала в кармане; выключать привод пульсаторов (при продолжительности остановки более 15-20 мин).

При остановке на ремонтную смену после прекращения подачи исходного угля в отсадочную машину необходимо: проработать постель путем максимальной подачи подрешетной воды и воздуха, прекратить подачу подрешетной и транспортной воды, прекратить подачу воздуха, остановить привод пульсаторов и воздухоподогреватель; понизить уровень воды в отсадочной машине для осмотра; остановить обезвоживающие элеваторы.

Во избежание зашламования нижней части корпуса машины не допускать остановки обезвоживающих элеваторов до полной выработки подрешетного продукта. Для отсадочных машин крупного угля продолжительность работы обезвоживающих элеваторов после остановки машины - 15 мин; для машин мелкого зерна и ширококлассифицированного - 15 мин (породный элеватор), 10 мин (промпродуктовый).

При долговременной остановке (переход на капитальный ремонт, резервную секцию и т.д.) удаляют воду из корпуса отсадочной машины, тщательно промывают решета, корпус машины, обезвоживающие элеваторы чистой технической водой. Проверяют состояние пульсаторов. Проверяют, не поступает ли вода и воздух в отсадочную машину через неплотности задвижек на подводящих трубопроводах.

При вводе в эксплуатацию новой отсадочной машины, действующей отсадочной машины после модернизации или капитального ремонта, а также при изменении обогатимости угля необходимо производить наладку и регулировку следующих параметров: частоты пульсаций и цикла движения воды, частоты вращения ротора разгрузчика, хода впускных и выпускных клапанов, давления воздуха в воздухохранильнике и его расход, значения эффективной (кажущейся) плотности поплавкового датчика (или толщины контролируемого слоя постели), высоты порога между ступенями машины, высоты сливного порога в разгрузочной ступени и ширины разгрузочного отверстия, угла наклона решета и размера отверстий в них, состава искусственной постели (если последняя предусмотрена конструкцией машины).

После наладки и регулировки машин составляется режимная карта, которая утверждается главным инженером фабрики.

При эксплуатации отсадочных машин установленные параметры регулировки могут быть изменены только по указанию главного



инженера фабрики. Для обеспечения нормальной работы отсадочных машин толщина отсадочной постели должна ориентировочно составлять: при раздельном обогащении угля по машинным классам или в ширококлассифицированном виде - от 300 до 700 мм. При применении искусственной постели толщина ее должна укладываться в 2-3 слоя зерен полевого шпата. Максимальный размер зерен искусственной постели для отсадочных машин мелкого зерна должен составлять 2,5-3 диаметра максимального размера обогащаемого в машине угля (указанные технологические параметры уточняются главным инженером фабрики для каждой отсадочной машины).

Оперативный контроль работы отсадочной машины осуществляют путем расслоения проб исходного угля, концентрата, промпродукта и породы в растворе хлористого цикла не реже одного раза через каждые 1,5-2 ч работы фабрики; дешламацию проб производят на сите с размером ячеек  $0,5 \times 0,5$  мм. Нормы засорения продуктов обогащения для оперативного контроля работы отсадочной машины должны устанавливаться главным инженером фабрики.

Один раз в год по каждой отсадочной машине определяется эффективность процесса разделения по показателю  $J$  (погрешность разделения).

Очистку решет от посторонних предметов производят по графику, утвержденному главным инженером фабрики, в следующие сроки: породного отделения отсадочной машины крупного и мелкого угля - ежедневно, а промпродуктового 1-2 раза в неделю. Необходимо ежедневно производить проверку состояния решет, поплавков, пульсаторов, роторных (секторных) разгрузочных устройств и их креплений, обезвоживающих элеваторов. В случаях их неисправности эксплуатация отсадочных машин запрещается.

Во время работы машины аппаратчик следит за равномерной загрузкой машин рядовым углем, контролирует работу основных узлов машины и качество продуктов обогащения, регулирует при необходимости работу машины.

К регулируемым параметрам относятся: расход воздуха и подрешетной воды. Изменяя водно-воздушный режим отсадки, аппаратчик поддерживает оптимальную разрыхленность постели отсадочной машины с расчетом получения продуктов обогащения (концентрата, промпродукта и породы) заданного качества с максимальным выходом концентрата и сведением к минимуму потерь угольных фракций в породе.

Объемы подаваемого сжатого воздуха и подрешетной воды по отсекам машины, а также интенсивность разгрузки тяжелых продуктов могут регулироваться по визуальным наблюдениям, а главным образом по результатам экспресс-анализа продуктов обогащения. Расслоение при обогащении коксующихся и энергетических углей обычно производится по двум плотностям ( $1500$  и  $1800$  кг/м<sup>3</sup>). Расслоение при обогащении антрацитов - по од-

ной плотности ( $1900$  или  $2000$  кг/м<sup>3</sup>). По результатам экспресс-анализа осуществляется оперативная регулировка (корректировка, уточнение) параметров процесса отсадки изменением расхода воздуха и подрешетной воды.

Засорение концентрата тяжелыми фракциями (плотность более  $1500$  и  $1800$  кг/м<sup>3</sup>) сверх допустимых норм может быть вызвано излишним расходом подрешетной воды или воздуха, чрезмерной загрузкой рядовым углем или большой высотой удаляемого слоя тяжелых частиц. Кроме того, увеличение содержания тяжелых фракций в концентрате может быть обусловлено снижением площади живого сечения отсадочных решет из-за застревания в их отверстиях труднопроходимых тяжелых частиц или забивки искусственной постели крупными кусками породы и посторонними предметами.

Уменьшение содержания тяжелых фракций в концентрате достигается снижением расхода подрешетной воды или воздуха.

Путем наблюдения и контроля за разрыхленностью постели по всей площади решета с помощью деревянного щупа судят об увеличении подачи рядового угля на машину или уменьшении расхода подрешетной воды или воздуха.

В настоящее время на многих фабриках оперативное управление факторами регулирования вода - воздух осуществляется с помощью автоматизированных систем ОКА. При внезапном увеличении содержания тяжелых фракций в исходном угле заметно повышается заполнение ковшей обезвоживающих элеваторов тяжелыми продуктами.

При переполненных ковшах элеватора возможна остановка элеватора, а следовательно, и фабрики. Пуск перегруженного элеватора требует больших усилий и времени. На отсадочных машинах, имеющих систему ОКА, поддержание оптимальной высоты постели и разгрузки тяжелых продуктов производится автоматически. Тем не менее иногда уменьшение содержания тяжелых фракций в концентрате достигается снижением толщины удаляемого промпродуктового слоя тяжелых частиц. В этом случае изменяют частоту вращения (скорость разгрузки) роторного разгрузчика, поворачивая рукоятку регулятора - задатчика скорости. Если по результатам анализа зольность концентрата намного ниже или выше нормы, то изменяют эффективную (кажущуюся) плотность датчика уровня с помощью грузов, перемещающихся на рычагах. Такую регулировку обычно производят при изменении зольности легких фракций в обогащаемом угле, т.е. в случаях возникновения необходимости перехода на другую плотность разделения.

Из-за сравнительно небольшой разницы между плотностями концентратных и промежуточных фракций на вторую ступень отсадочной машины подается меньший объем подрешетной воды, чем на первую.

Если при регулировке водно-воздушного режима не удастся достичь желаемых результатов, то уменьшают подачу рядового

угля на машину или останавливают ее и очищают решета от труднопроходимых зерен, металла и посторонних предметов, а искусственную постель - от посторонних примесей и для переборки зерен полевого шпата.

Большое содержание мелких легких фракций (плотность менее 1500 кг/м<sup>3</sup>) в породе может быть вызвано чрезмерной скоростью нисходящего водного потока. Снижение потерь мелких легких фракций в отходах достигается повышением расхода подрешетной воды в загрузочной и промежуточных ступенях машины или увеличением толщины слоя отсадочной постели.

Увеличение содержания крупных легких фракций (плотность менее 1500 кг/м<sup>3</sup>) в отходах может быть вызвано: излишней разрыхленностью отсадочной постели из-за большого расхода подрешетной воды или воздуха, плохим закреплением отсадочных решет или повышенной частотой вращения ротора разгрузки. Для уплотнения постели снижают расход подрешетной воды или воздуха, а для уменьшения частоты вращения ротора разгрузочного устройства изменяют положение задатчика на пульте управления.

При уменьшении нагрузки на машину или снижении содержания тяжелых фракций в рядовых углях задается меньшая толщина слоя отсадочной постели и уменьшается расход подрешетной воды и воздуха. Особенно тщательно производится регулировка расхода воды и воздуха в тех отсеках машины, где расположены разгрузочные устройства, так как в зонах разгрузки породы и промпродукта возможно перемешивание уже расслоившихся слоев постели, что приводит к увеличению потерь концентратных (легких) фракций с тяжелыми продуктами.

Во время работы отсадочной машины обращается внимание и на характер перемещения поплавка - датчика уровня: Он не должен быть в покое (неподвижным), а все время пульсировать вместе с постелью, т.е. синхронно перемещаться с контролируемым слоем (породной или промпродуктовой) отсадочной постели. В этом случае достаточно точно поддерживается толщина контролируемого слоя, так как от датчика уровня своевременно подаются сигналы на увеличение или уменьшение частоты вращения ротора разгрузочного устройства.

При работе машины мелкого угля с искусственной постелью соблюдаются следующие условия: размер зерен полевого шпата должен иметь 30-40 мм, толщина полевошпатовой постели должна составлять 60-70 мм.

Регулировка разгрузки тяжелых продуктов через искусственную постель осуществляется в основном изменением расхода воздуха. Для увеличения пропускной способности по тяжелым фракциям увеличивается расход воздуха.

В целях профилактики искусственную постель не реже 2-3 раз в неделю подвергают очистке и переборке.

При обслуживании отсадочных машин необходимо следить за исправностью решет. При появлении трещин, щелей, порывов в

Возможные неполадки при работе отсадочных машин и меры по их устранению

Неполадки	Причина	Меры устранения
Бурление в отдельных участках отсадочного решета	Порыв отсадочного решета	Остановить машину и заменить неисправное решето
Конши элеватора переполнены	Слишком разрыхлена постель или порыв решета Износ шибера над разгрузчиком	Восстановить нормальную постель или заменить решето При ППР восстановить шибер и необходимый зазор между шиберами и разгрузчиком
Нет пульсаций в одном отсеке машины	Неисправность заслонки сжатого воздуха	Выявить и устранить неисправность
Пульсации породной и продуктовой постели происходят сплошной массой (без разрыхления)	Недостаточный восходящий поток воды	Увеличить объем подрешетной воды
Постель слишком разрыхленная	Большой объем подрешетной воды	Уменьшить подачу воды под решето
Отсадочная постель слишком рыхлая и тонкая	Машина недогружена	Увеличить нагрузку до оптимальной. При невозможности уменьшить последовательно объем подаваемых воздуха и воды
В породу попадает концентрат	Недостаточная высота породного слоя постели	Увеличить высоту породного слоя постели, проверить и при необходимости увеличить расстояние от днища поплавка до отсадочного решета согласно принятому режиму
	Слишком сильный нисходящий поток из-за малого количества подаваемой подрешетной воды	Увеличить объем подаваемой подрешетной воды для уменьшения всасывающего действия нисходящего потока
	Постель слишком рыхлая от избытка подаваемого сжатого воздуха или подрешетной воды	Уменьшить объемы подаваемых воздуха и воды для создания более плотной постели
В концентрат попадают мелкие частицы породы	Излишний объем подрешетной	Уменьшить общий объем подаваемой подрешетной воды

Неполадки	Причина	Меры устранения
Сверхнормативные потери концентрата в промпродукте	Излишнее количество транспортной воды	Уменьшить объем транспортной воды
	Большая плотность (содержание твердого остатка) в оборотной воде	Принять меры к осветлению воды
	Машина работает с производительностью, превышающей оптимальную	Уменьшить нагрузку
	Большая высота концентратного слоя постели в промпродуктовом отделении	Уменьшить высоту постели, понизив сливной порог в промпродуктовом отделении
	Слишком рыхлая отсадочная постель, в особенности в последнем отсеке перед разгрузкой промпродукта, из-за избытка подаваемого воздуха и подрешетной воды	Уменьшить объемы подаваемых воздуха и воды

решетах или при наличии на них посторонних предметов (металла и др.) решета не выполняют своего назначения, режим отсадки нарушается, что влечет за собой потерю концентратных фракций в породе или промежуточном продукте.

Жесткость крепления решета по всей площади в процессе работы проверяют путем опускания деревянного шупа через всю толщину отсадочной постели. Порыв решета и размер этого порыва устанавливают в процессе работы следующим образом. После прекращения разгрузки породы и промпродукта разгрузочными устройствами через 3-5 мин наблюдают поступление подрешетного продукта в обезжелезивающие элеваторы. Наличие частиц размером больше отверстия решета свидетельствует о неисправности отсадочного решета.

Особое внимание следует обращать на то, чтобы на вторую ступень отсадочной машины для крупного угля как можно меньше поступало породы, так как крупная порода совместно с промежуточным продуктом подвергается дроблению, а затем поступает на контрольную отсадочную машину. Дробление породы не только затрудняет работу дробилки, но и сопровождается увеличением массы глинистых частиц, что затрудняет осветление оборотной воды. Максимальное извлечение породы в первой ступени машины возможно при подаче необходимого объема подрешетной воды и отрегулированном разгрузочном устройстве. Подавать подрешет-

ную воду надо в таком объеме, чтобы толщина породной постели оставалась все время постоянной.

Необходимо следить также за выпуском промпродукта из отсадочных машин для крупного угля, так как его выпуск в больших объемах может привести к перегрузу контрольной машины, а в малых, наоборот, к недогрузу и повышению зольности концентрата.

Возможные неполадки при работе отсадочных машин и меры по их устранению приведены в табл. 8.7.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На каком принципе основано обогащение в отсадочных машинах?
2. Для какой крупности углей применяется процесс отсадки?
3. Как устроена и действует отсадочная машина? Из каких основных частей она состоит?
4. Каково назначение основных узлов отсадочной машины?
5. Что входит в комплекс вспомогательного оборудования отсадки?
6. От каких факторов зависит эффективность процесса отсадки?
7. Как регулируется процесс отсадки?
8. Каков порядок подготовки отсадочной машины к эксплуатации?
9. В чем заключается обслуживание отсадочной машины во время ее работы?

## Глава 9

### ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЯ В ТЯЖЕЛОСРЕДНЫХ СЕПАРАТОРАХ И ГИДРОЦИКЛОНАХ

#### 9.1. СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ОБОГАЩЕНИЯ В МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЯХ

Минеральная суспензия (среда) представляет собой механическую смесь тонкоизмельченного (менее 0,1 мм) тяжелого минерала с водой. Находясь во взвешенном состоянии в воде, минеральные частицы придают ей свойства тяжелой жидкости. *Компонент тяжелой среды, обеспечивающий ее заданную плотность, называется утяжелителем.*

Обогащение угля в минеральной суспензии основано на разделении его компонентов по плотности независимо от их крупности. Если среда по плотности занимает промежуточное положение между легкими и тяжелыми частицами угля, то произойдет его разделение на составляющие компоненты. При плотности частицы меньше плотности среды частица всплывает на поверхность среды. При плотности частицы больше плотности среды частица потонет. Если плотность твердой частицы равна плотности среды, то частица будет находиться во взвешенном

состоянии, так как ускорение свободного падения частицы равно нулю.

В качестве утяжелителя при обогащении углей используется магнетитовый концентрат. Иногда применяются кварцевый песок, пирит, глина, однако масштабы использования их очень ограничены.

Обогащение углей в минеральных суспензиях характеризуется высокой эффективностью. Это обуславливается тем, что в минеральных суспензиях, согласно закону Архимеда, потеря в весе погруженных тел больше, чем в водной среде, а ускорение свободного падения меньше.

Свойства минеральных суспензий. Основными свойствами суспензий, влияющими на эффективность разделения минеральных зерен (частиц), являются: плотность, устойчивость и вязкость.

Плотность суспензии основное свойство, определяющее возможность разделения в ней материала, зависит от плотности утяжелителя и его объемной концентрации (содержания в единице объема суспензии).

Определение плотности суспензии при известных ее объеме, массе и плотности магнетита производится по формуле:

$$\rho_c = \rho_v + (\rho_m - \rho_v) \frac{P_m}{V_c \rho_m} \quad (9.1)$$

где  $\rho_c$ ,  $\rho_v$ ,  $\rho_m$  - плотность соответственно суспензии, воды, магнетитового утяжелителя, кг/м<sup>3</sup>;  $P_m$  - масса магнетита, кг;  $V_c$  - объем суспензии, м<sup>3</sup>;  $P_m/V_c \rho_m$  - объемная концентрация магнетита, доли ед.

Определение массы магнетита ( $P_m$ , кг), необходимой для приготовления суспензии заданной плотности, рассчитывается по формуле:

$$P_m = \frac{\rho_c - \rho_v}{\rho_m - \rho_v} V_c \rho_m \quad (9.2)$$

**Пример 1.** Определить плотность суспензии, если ее объем составляет 10 м<sup>3</sup>, масса магнетита 10285,7 кг, а плотность воды и магнетита соответственно - 1000 и 4500 кг/м<sup>3</sup>.

Подставляя данные примера в формулу (9.1), получаем плотность суспензии:

$$\rho_c = 1000 + (4500 - 1000) \frac{10285,7}{10 \cdot 4500} = 1800 \text{ кг/м}^3.$$

Объемная концентрация магнетита

$$\frac{P_m}{\rho_m V_c} 100 = \frac{10285,7 \cdot 100}{10 \cdot 4500} = 22,8\%.$$

**Пример 2.** Определить массу магнетита, необходимую для приготовления суспензии плотностью 1800 кг/м<sup>3</sup> по данным примера 1.

Подставляя данные в формулу (9.2), получаем

$$P_m = \frac{1800 - 1000}{4500 - 1000} 10 \cdot 4500 = 10285,7 \text{ кг.}$$

Рабочая суспензия в производственных условиях загрязняется шламом. Поэтому при подсчете плотности рабочей суспензии необходимо учитывать наличие в ней угольного шлама.

Средняя плотность твердой фазы ( $\rho_m$ , кг/м<sup>3</sup>) - смеси магнетита и шлама рассчитывается по формуле:

$$\rho_T = 1000 \frac{P_T}{[P_T - (\rho_c - 1000)]} \quad (9.3)$$

**Пример 3.** Масса 1 л суспензии составляет 1,8 кг, а масса твердого осадка - 1,1 кг, или в пересчете на 1 м<sup>3</sup> суспензии  $P_T = 1100$  кг. Тогда средняя плотность:

$$\rho_T = 1000 \frac{1100}{1100 - (1800 - 1000)} = 3667 \text{ кг/м}^3.$$

Масса шлама (кг), содержащегося в твердой фазе суспензии, определяется по формуле

$$P_{ш} = P_T \rho_{ш} \frac{\rho_m - \rho_T}{\rho_T (\rho_m - \rho_{ш})} \quad (9.4)$$

$$P_{ш} = 1100 \cdot 1500 \frac{4500 - 3667}{3667(4500 - 1500)} = 124,9 \text{ кг,}$$

где для шлама каменного угля принято  $\rho_{ш} = 1500$  кг/м<sup>3</sup>.

Масса магнетита

$$P_m = P_T - P_{ш} = 1100 - 124,9 = 975,1 \text{ кг.}$$

Объемные концентрации магнетита, шлама и твердой фазы определяются по формулам:

$$M_m = 100 \frac{V_m}{V_c} = 100 \frac{P_m}{\rho_m \cdot V_c} = 100 \frac{975,1}{4500 \cdot 1} = 21,7\%;$$

$$M_{ш} = 100 \frac{V_{ш}}{V_c} = 100 \frac{P_{ш}}{\rho_{ш} \cdot V_c} = 100 \frac{124,9}{1500 \cdot 1} = 8,3\%.$$

$$M_T = M_m + M_{ш} = 21,7 + 8,3 = 30,0\%.$$

**Устойчивость суспензии.** Под устойчивостью суспензии следует понимать ее способность сохранять постоянное содержание утяжелителя в различных по высоте слоях. Она в значительной степени определяется скоростью осаждения твердой фазы, которая зависит от крупности, состава, плотности и объемного содержания утяжелителя в суспензии, а также и от засорения ее шламом обогащаемого материала.

Применяемая в обогащении магнетитовая суспензия расслаивается, так как происходит осаждение утяжелителя. При осаждении частиц утяжелителя плотность суспензии в верхних слоях уменьшается, а в нижних - увеличивается, что нарушает процесс обогащения. Чем устойчивее суспензия, тем эффективнее протекает процесс обогащения.

Поддержание постоянства ее плотности достигается путем: создания восходящих потоков жидкости, подаваемой в сепара-

тор; увеличения скорости горизонтального перемещения суспензии; механического перемешивания; добавкой в суспензию веществ, препятствующих осаждению утяжелителя. Чем больше содержание тонких шламов в суспензии, тем она устойчивее. Однако при этом повышается вязкость суспензии и резко ухудшается разделение мелких частиц. Поэтому допустимое засорение шламом магнетитовой суспензии не должно превышать: 300 кг/м<sup>3</sup> при плотности суспензии 1600 кг/м<sup>3</sup>, 200 кг/м<sup>3</sup> при плотности суспензии 1800 кг/м<sup>3</sup> и менее 100 кг/м<sup>3</sup> при плотности суспензии 2000 кг/м<sup>3</sup> и выше.

Оценку устойчивости магнетитовой суспензии производят в лабораторных условиях по скорости перемещения границы осветленного слоя или осадка. Чем больше скорость перемещения этой границы, тем суспензия менее устойчива и, наоборот. Магнетитовая суспензия плотностью 2000 кг/м<sup>3</sup> считается нормальной устойчивости в том случае, если при отстаивании ее в течении 5 мин в цилиндре диаметром 50 мм и объемом 500 см<sup>3</sup> образуется столб осветленной воды, равный 15-25% общего объема суспензии для размагниченного материала и 25-40% для намагниченного материала.

**Вязкость** - это проявление внутреннего трения жидкости при ее движении, препятствующее движению погруженных в нее твердых тел.

При значительной вязкости суспензии теряется ее подвижность (текучесть) и снижается эффективность разделения минеральных зерен. Чем меньше вязкость суспензии, тем точнее и скорее протекает процесс разделения. Вязкость суспензии зависит от объемного содержания, плотности и крупности утяжелителя, плотности суспензии. С увеличением объемной концентрации утяжелителя, уменьшением его крупности вязкость суспензии возрастает.

В вязкой суспензии скорость осаждения частиц с большей плотностью, чем плотность суспензии, замедлена, в связи с чем часть промпродукта и даже породы не успевает погрузиться на определенную глубину и удаляется из сепаратора вместе с концентратом, повышая его зольность. Чем устойчивее суспензия, тем эффективнее протекает процесс обогащения.

Нормальные условия разделения угля на легкую и тяжелую фракции обеспечиваются при вязкости рабочей суспензии на уровне, не превышающем  $7 \cdot 10^{-3}$  Па·с. Для измерения вязкости используют капиллярный вискозиметр. Вязкость суспензии определяется по скорости ее истечения через капилляр.

В условиях работы обогатительных фабрик для характеристики вязкости суспензии пользуются косвенным показателем, а именно, содержанием в ней угольного шлама.

Высокое содержание шлама нарушает процесс разделения в сепараторах, гидроциклонах и, особенно, в трехпродуктовых.

Объемное содержание в суспензии твердой фазы (магнетита и шлама) не должно превышать 32,5%, что гарантирует поддержа-

ние вязкости на должном уровне, не превышающем  $7 \cdot 10^{-3}$  Па·с. Чем выше плотность магнетитовой суспензии, тем ниже допустимое содержание в ней шлама.

Для улучшения свойств суспензии рекомендуется использовать реагенты - пептизаторы. Наиболее эффективными из них являются гексаметафосфат и триполифосфат натрия. Применение реагентов-пептизаторов снижает вязкость на 15-35%. Реагенты применяются в виде 20-25%-го раствора. Подача реагента осуществляется по мере ухудшения свойств суспензии (резкой зашламленности) в емкость кондиционной суспензии.

Утяжелители должны отвечать следующим требованиям: иметь плотность, достаточную для приготовления маловязкой и устойчивой суспензии;

условную магнитную проницаемость, характеризующую магнитные свойства, равную или более 0,7 (в долях единицы);

содержание магнитных фракций более 90%;

гранулометрический состав по трем классам крупности с разделением на три сорта со следующими выходами классов:

Выход классов, %

Класс, мкм . . . . .	+150	-40	-20
К (крупный) . . . . .	2-10	40-50	3-10
М (мелкий) . . . . .	2-10	50-60	10-25
Т (тонкий) . . . . .	0-5	60-75	25-35

Сорта М и Т рекомендуются для двух- и трехпродуктовых сепараторов и двухпродуктовых циклонов. Сорт К рекомендуется для трехпродуктовых каскадных циклонов, так как в этом случае обеспечивается наибольшая разница плотности разделения между первой и второй секциями циклонов. Сорт К в двухпродуктовых сепараторах требует увеличенной скорости восходящего потока. Чем выше плотность тяжелой суспензии, тем крупнее может быть утяжелитель.

В качестве утяжелителя при обогащении углей используются магнетитовые концентраты горно-обогатительных комбинатов, которые имеют следующие показатели: плотность 4330-4650 кг/м<sup>3</sup>, условная магнитная проницаемость 0,85-0,97, содержание магнитных фракций 94,5-98,7%. Магнетитовые концентраты горно-обогатительных комбинатов полностью отвечают требованиям, предъявляемым к утяжелителям.

На обогатительных фабриках разгрузка, складирование и доставка магнетита к месту приготовления суспензии, включая подачу ее в систему, полностью механизированы. Склад магнетита обычно располагается в главном корпусе фабрики или в непосредственной близости от него. На складе магнетита сосредоточены все операции от приема и разгрузки магнетита до подачи свежеприготовленной суспензии в сборники тяжелосредней установки. Длина склада определяется исходя из необходимой его вместимости и равна обычно фронту разгрузки двух-трех полувагонов.

Для приготовления суспензии на складе устанавливается емкость с коническим дном и патрубками для пневматического перемешивания магнетита с водой или гидравлическая установка для приготовления и транспортировки магнетитовой суспензии. Суспензия, приготовленная в емкости пневматическим перемешиванием, перекачивается насосами типа ШН, ГРА и др. к месту потребления.

## 9.2. ОБОРУДОВАНИЕ, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ СЕПАРАТОРОВ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Конструкции применяемых сепараторов многообразны и классифицируются по следующим признакам:

по крупности обогащаемого угля - сепараторы для крупных классов и сепараторы для мелких классов;

по числу конечных продуктов обогащения - сепараторы двухпродуктовые и сепараторы трехпродуктовые;

по длине рабочей камеры (ванны) - сепараторы с длинной ванной и сепараторы с короткой ванной;

по принципу действия - сепараторы с расслоением материала под действием гравитационных сил и сепараторы с расслоением материала под действием центробежных сил;

по форме рабочей камеры - сепараторы барабанные и сепараторы конусные;

по глубине ванны - сепараторы глубокие и сепараторы мелкие;

по способу выгрузки продуктов обогащения - сепараторы механические, эрлифтные и гидравлические;

по конструкции механизмов, применяемых для выгрузки продуктов обогащения. - сепараторы гребковые, ленточные и с элеваторным колесом.

Наибольшее распространение на углеобогатительных фабриках получили сепараторы колесные вертикальные двух типов - СКВ-20 и СКВ-32, а после их модернизации (улучшение и усиление конструкции отдельных узлов) - сепараторы типа СКВП-20 и СКВП-32 (с длинной и короткой ванной). Буква П характеризует повышенную производительность, а цифры 20 и 32 - ширину ванны соответственно 2000 и 3200 мм.

Сепаратор СКВП-32 с длинной ванной оснащен пристыкованным к корпусу загрузочного устройства качающимся лотком, который имеет ступенчатое днище со щелями, через которые подается в сепаратор поток суспензии, обеспечивающий лучшее разрыхление и продвижение обогащаемого угля. Таким образом суспензия в сепаратор с удлиненной ванной поступает тремя потоками: транспортным, подлотковым и восходящим. Сепаратор с короткой ванной отличается отсутствием пристыкованного к корпусу качающегося лотка. В остальном эти типы сепараторов одинаковы.

Сепаратор колесный СКВП-32 с длинной ванной (рис. 9.1) предназначен для обогащения углей, антрацитов и сланцев крупностью 13-300 мм в минеральной суспензии с получением двух продуктов обогащения. Сепаратор состоит из корпуса с рабочей ванной 1, в которой происходит разделение исходного угля. В корпусе смонтированы отдельные узлы и механизмы сепаратора: загрузочное распределительное устройство, состоящее из загрузочного желоба 12, патрубка 11 для подвода суспензии, жалюзийной решетки 10 для равномерного распределения транспортного потока суспензии, лопастного погрузателя 9, нижнего патрубка корпуса 8 для подачи восходящего потока суспензии, устройства для выгрузки всплывшего и утонувшего продуктов обогащения, состоящее из элеваторного колеса 6 с приводом 18 для выгрузки потонувшего продукта, разгрузочного гребкового механизма 14 с лопастями 15, размещенного в кожухе желоба 13, для выгрузки всплывшего продукта, опорных катков 20 элеваторного колеса.

На корпусе крепятся общий привод качающегося лотка и разгрузочного гребкового устройства. Вертикальное элеваторное колесо оснащено съемными ковшами 4 и 5, которые при вращении колеса загружаются потонувшим продуктом через загрузочные окна 3 и выгружаются через разгрузочные окна 19. Для этой цели ковши снабжены решетчатыми лопастями 2, которые при вращении элеваторного колеса под действием силы тяжести поворачиваются, открывая загрузочные и разгрузочные окна ковшей, давая возможность отходам обогащения загружаться в ковши с внутренней части сепаратора или выгружаться из ковша наружу. Всплывший продукт транспортируется через порог 16 и сито сброса суспензии 17 свободно подвешенными лопастями гребкового механизма и выгружается из сепаратора. Освобождение ванны сепаратора от суспензии в случае остановок на профилактический осмотр или ремонт осуществляется посредством выпускного устройства 7. Для смазки подшипников опорных катков и подшипников других механизмов сепаратора применена централизованная смазка.

Система смазки состоит из станции смазки СДР-5, фильтра, питателей и разведенных по сепаратору трубопроводов. Наполнение станции смазочным материалом осуществляется перекачным насосом, входящим в комплект системы смазки. В качестве смазочного материала применяется солидол. Исходный уголь поступает из загрузочного желоба на качающийся лоток равномерно по всей ширине сепаратора. Лоток имеет ступенчатое днище со щелями, через которые подается в сепаратор подрешетный поток магнетитовой суспензии, обеспечивающий лучшее разрыхление и перемещение обогащаемого продукта.

В ванне происходит разделение исходного продукта по плотности на два продукта - всплывший и утонувший. Всплывший продукт, находящийся на поверхности суспензии, транспортным потоком суспензии перемещается вдоль по ванне к разгрузоч-

## Технические характеристики сепараторов

Параметры	СКВП-20	СКВП-32	
		с короткой ванной	с длинной ванной
Ширина ванны, мм	2000	3200	3200
Крупность исходного продукта, мм	13-300	13-300	13-300
Максимальная производительность по исходному продукту т/ч, при крупности:			
13-300 мм	215	300	400
25-300 мм	270	380	500
Объем ванны, м <sup>3</sup>	8	18	21
Габариты, мм:			
длина	4500	6500	7500
ширина	4700	6500	6500
высота	4100	6000	6000
Мощность электродвигателей кВт:			
привода лотка	-	-	4
привода гребкового механизма	2,2	2,2	2,2
привода элеваторного колеса	5,5	11	11
Масса, кг	15 800	31 000	36 000

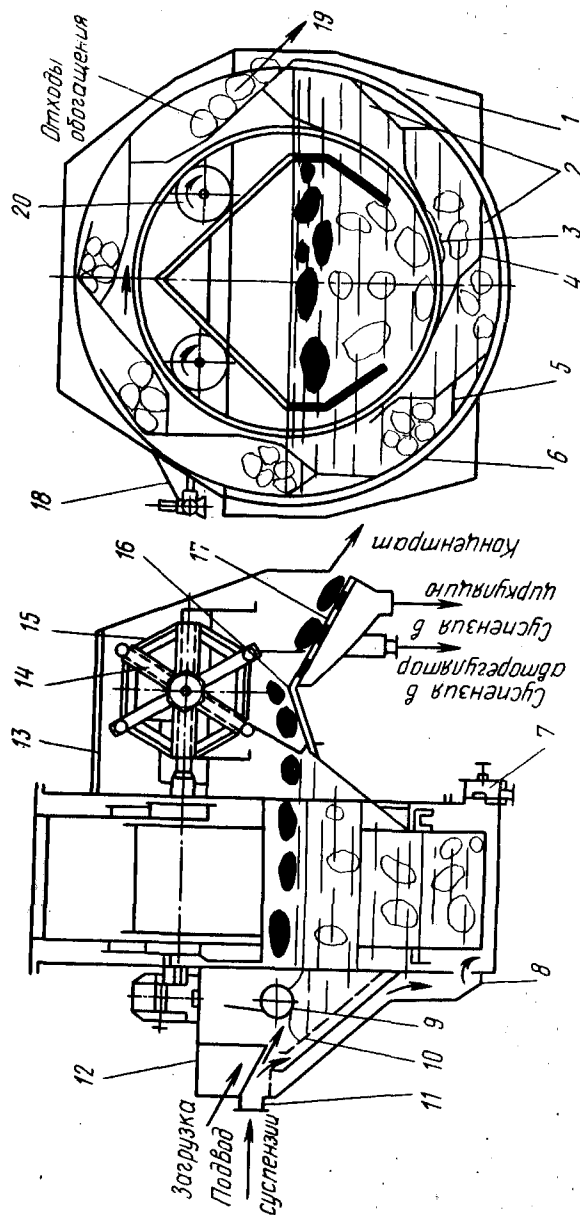


Рис. 9.1. Сепаратор колесный СКВП-32 с длинной ванной

ному порогу и выгружается из сепаратора лопастями гребкового механизма. Утонувший продукт оседает в ковше элеваторного колеса через разгрузочные окна. При вращении элеваторного колеса лопасти под действием собственной массы поворачиваются, закрывая загрузочные и открывая разгрузочные окна.

Поддержание необходимой для работы плотности суспензии осуществляется автоматическим регулятором плотности. Технические характеристики сепараторов приведены в табл. 9.1.

Указанная максимальная производительность обеспечивается при динамической вязкости тяжелой среды 0,007 Па·с и содержании мелочи в питании до 10%, в том числе класса 0-1 мм до 1,5%.

Сепаратор СТТ-20 предназначен для обогащения исходного угля по двум плотностям разделения с выдачей трех конечных по качеству продуктов: концентрата, промпродукта и отходов. Использование трехпродуктовых сепараторов взамен двух последовательно установленных двухпродуктовых упрощает схемы труднообогащаемых углей, в которых разделение должно производиться на три продукта.

Основные узлы сепаратора СТТ-20 (рис. 9.2): корпус, состоящий из двух ванн 1 и 10, установленных на общей раме, элеваторные колеса 5 и 7, опирающиеся на опорные катки, по-

Технические характеристики сепараторов типа СТТ

Параметр	СТТ-20	СТТ-32
Ширина ванны, м	2,0	3,2
Производительность т/ч, по исходному углю при крупности:		
25-300 мм	240	380
13-300 мм	190	300
Максимальная нагрузка, % от исходного угля:		
по концентрату	75	75
по промпродукту	50	50
по отходам	75	75
Мощность электродвигателей, кВт	17,6	32,2
Габариты, мм:		
длина	7800	9800
ширина	4800	6000
высота	4500	5900
Масса, кг	37 000	60 000

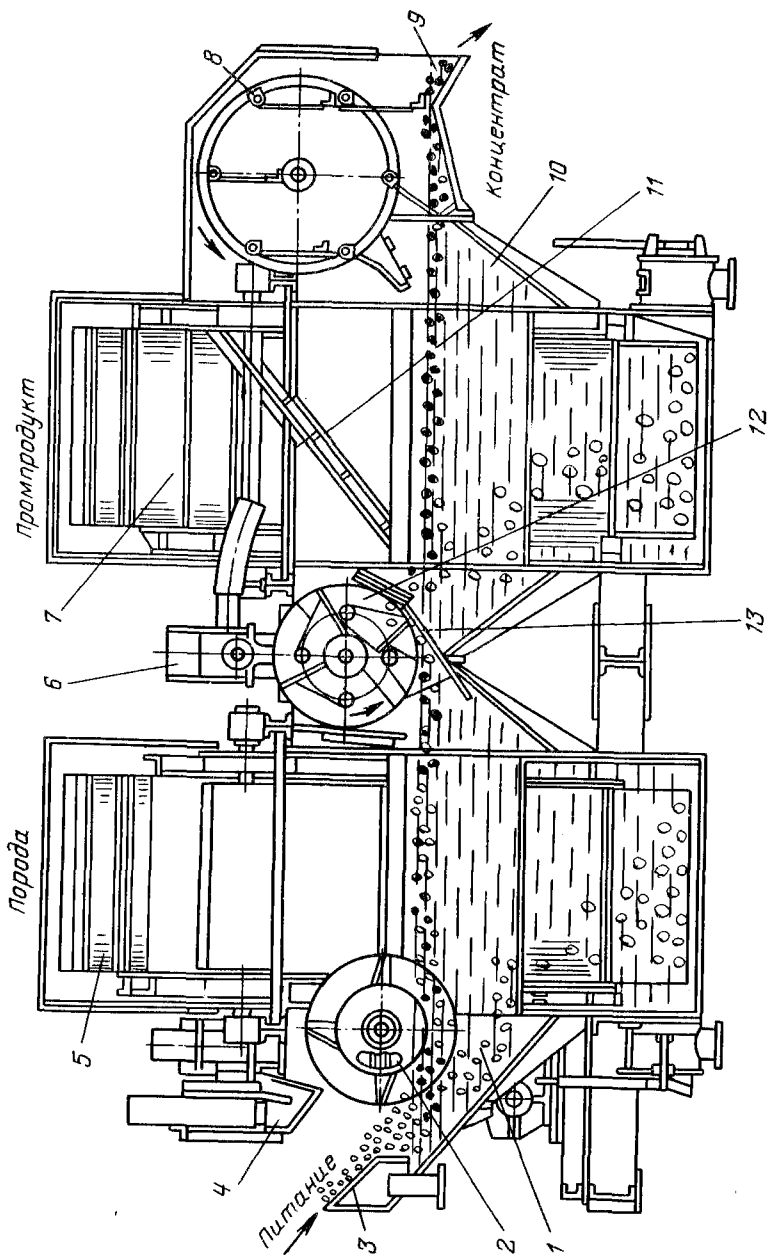


Рис. 9.2. Сепаратор трехпродуктовый СТТ-20

ружатель 2, перегрузчик 12 и гребковый механизм 8. Исходный материал по загрузочному лотку 3 поступает в ванну 1, где разрыхляется и равномерно распределяется по всей ширине ванны перегружателем 2. Погрузатель также способствует перемещению всплывшего продукта (концентрата и промпродукта) вдоль ванны к перегрузчику 12.

В ванну 1 по патрубкам подается суспензия высокой плотности разделения. Потонувший продукт (отходы обогащения) удаляется элеваторным колесом 5. Смесь концентрата и промпродукта с потоком суспензии перемещается через распределительный порог 13 перегрузчиком 12 в ванну 10. Поступившая с твердым продуктом в ванну 10 суспензия разбавляется до плотности, необходимой для выделения промпродукта. Сливные воды поступают из распределителя 6 на отбойную перегородку 11. Сливные воды или суспензия могут подаваться в ванну 1 через желоб 4.

Потонувший промпродукт удаляется из сепаратора элеваторным колесом 7. Всплывший во второй ванне концентрат транспортируется совместно с потоком суспензии гребковым механизмом 8 в приемный желоб 9.

Поддержание равномерной плотности суспензии (при отсутствии восходящего потока) производится путем перемещения части суспензии ковшами элеваторных колес из нижних слоев и подачи ее на поверхность суспензии в ванне, а также направлением горизонтального потока роторными устройствами в глубь ванны (нисходящий поток). Поток суспензии, захватывая практически все сечения ванны, препятствует образованию застойных зон, в



Рис. 9.3. Тяжелосредный двухпродуктовый циклон

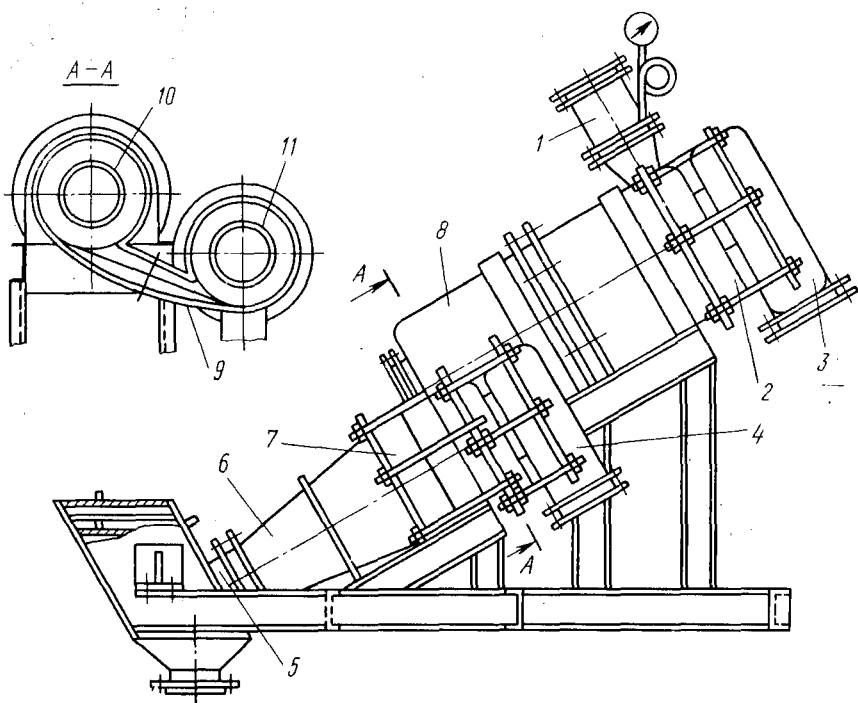
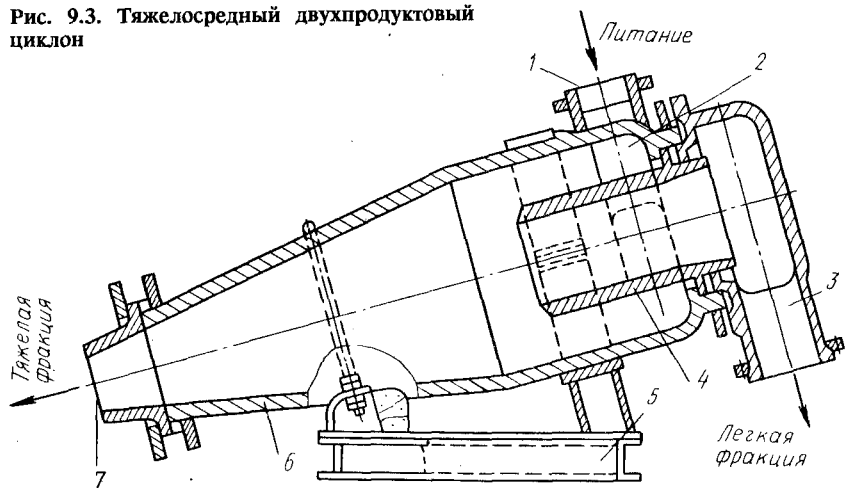


Рис. 9.4. Тяжелосредный трехпродуктовый каскадный циклон

которых может происходить осаждение утяжелителя. Технические характеристики сепараторов типа СТТ приведены в табл. 9.2.

Тяжелосредные двух- и трехпродуктовые циклоны применяются для обогащения мелких и средних классов каменных углей, антрацита и сланца, а также переобогащения промпродукта крупностью от 0,5 до 40 мм. Плотность магнетитовой суспензии, применяемой для обогащения в циклонах, может изменяться в широком диапазоне от 1300 до 2100 кг/м<sup>3</sup>.

Основные узлы тяжелосредного двухпродуктового циклона (рис. 9.3): входной патрубок 1, цилиндрическая часть корпуса 2, верхний разгрузочный патрубок 3, сливная труба 4, рама 5, коническая часть корпуса 6, нижний разгрузочный патрубок 7. Исходный уголь поступает в аппарат в смеси с тяжелой суспензией через входной патрубок 1 по касательной во внутреннюю полость 2 цилиндрической части корпуса. Касательный ввод разделительной среды под давлением формирует внутри аппарата нисревой поток с воздушным столбом вдоль оси циклона. Благодаря центробежным силам, во много раз превосходящим силы тяжести, тяжелый продукт перемещается к стенкам конической части корпуса 6, скользит по ним и разгружается вместе с частью суспензии через нижний разгрузочный патрубок 7. Легкий продукт с суспензией проходит через сливную трубу 4 в верхний разгрузочный патрубок 5. Циклон обычно устанавливается к горизонту под углом не более 10°.

Преимущество тяжелосредных циклонов перед сепараторами, в которых разделение происходит только под действием силы тяжести, заключается в наличии центробежного поля, которое в десятки раз превышает гравитационное поле, приводящее к значительному (в десятки раз) увеличению скорости разделения материала по плотности. Кроме того, в циклоне образуется турбулентный поток, разрушающий структуру суспензии, благодаря чему в нем можно обогащать исходный материал до крупности 0,15 мм. Для получения трех продуктов применяется трехпродуктовый циклон.

Тяжелосредный трехпродуктовый каскадный циклон (рис. 9.4) состоит из цилиндрической и цилиндро-конической ступеней. Принцип разделения в нем основан на способности магнетитовой суспензии расслаиваться в центробежном поле, в результате чего плотность суспензии, переходящей из первой ступени во вторую ступень каскада, становится выше плотности суспензии питания.

Каскадный циклон работает следующим образом. Исходное питание (смесь суспензии низкой плотности разделения и угля) через входной патрубок 1 поступает тангенциально в загрузочную камеру 2 цилиндрического циклона, в котором выделяются концентратные фракции, уходящие с частью суспензии в сливной патрубок первой секции 3. Промпродуктовые и породные фракции, выделившиеся под действием центробежных сил, направ-

Т а б л и ц а 9.3

Технические характеристики двухпродуктовых тяжелосредних циклонов

Параметр	ГТ500	ГТ630	ГТ710
Производительность, т/ч	50	80	100
Внутренний диаметр, мм	500	630	710
Угол конусности конической части, градус	20	20	20
Диаметр входного патрубка, мм:			
верхнего разгрузочного	150	150	205×130
нижнего разгрузочного	220	240	270, 320
	160	130	130
	180	150	150
		180	180
Пьезометрический напор питания на входе, м не менее	4,5	6	6,5
Расход суспензии, м <sup>3</sup> /ч	200	250	350
Габариты, мм:			
длина	2530	3170	3700
ширина	930	940	1200
высота	2800	2200	3500
Масса, кг	1090	1150	2000

Т а б л и ц а 9.4

Технические характеристики трехпродуктовых тяжелосредних циклонов

Параметр	ГТ630/500	ГТ710/500	ГТ750/630
Производительность:			
по углю, т/ч	80	100	150
по суспензии, м <sup>3</sup> /ч	250	350	500
Крупность обогащаемого материала, мм	0,5-25	0,5-40	0,5-50
Внутренний диаметр, мм:			
первой секции	630	710	750
второй секции	500	500	630
Угол конусности конической части, градус	20	20	20
Размеры патрубка, мм:			
входного		150×150 или ∅ 250	
переходного		150×150 или ∅ 120	
Диаметр патрубков, мм:			
сливного первой секции	240	240, 270, 320	280, 400
сливного второй секции	220, 220	180, 220, 240	200, 300
нижней насадки	110, 130, 150	100, 130, 150	130, 240
Пьезометрический напор питания на входе, м	6	6,5	-
Габариты, мм:			
длина	3580	4350	4500
ширина	1580	1800	2200
высота	3520	2675	3000
Масса, кг	2050	2850	3600

ются через центральную насадку 10 в разгрузочную камеру 8 и далее по переходному патрубку 9 в цилиндро-коническую ступень циклона 7. Здесь промпродуктовые фракции и суспензия перемещаются по патрубку 11 в сливной патрубок второй секции 4, а тяжелые фракции концентрируются в конической части 6 и через нижнюю насадку 5 поступают в приемник отходов. Технические характеристики двух- и трехпродуктовых тяжелосредних циклонов приведены соответственно в табл. 9.3 и 9.4.

### 9.3. РЕГЕНЕРАЦИЯ СУСПЕНЗИИ

Суспензия, плотность и вязкость которой соответствуют установленным требованиям, называют кондиционной. В процессе обогащения из-за нечеткой классификации угля перед поступлением в сепаратор происходят истирание материала, насыщение кондиционной суспензии угольным шламом и измельчение утяжелителя, что приводит к изменению плотности и увеличению ее вязкости. Вследствие чего суспензия перестает отвечать предъявляемым к ней требованиям и становится непригодной.

Полная замена рабочей суспензии свежей невозможна из-за больших расходов утяжелителя. В связи с этим ее регенерируют, восстанавливают плотность рабочей среды и возвращают в процесс, что значительно сокращает потери утяжелителя на 1 т обогащаемого угля.

Путем магнитной регенерации одновременно осуществляется очистка суспензии от угольного шлама, попадающего в нее при обогащении угля. Основная часть суспензии, уходящая с продуктами обогащения кондиционной плотности, отделяется на первой секции обезвоживающих грохотов и поступает непосредственно в распределительную емкость рабочей суспензии, т.е. возвращается в процесс.

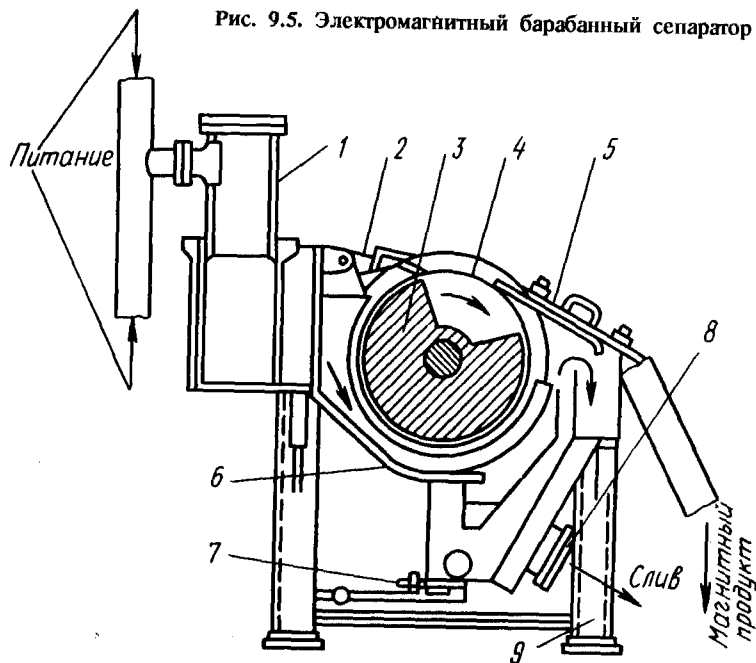
Меньшая часть утяжелителя удаляется на второй секции обезвоживающих грохотов с помощью ополаскивания продукта водой и поступает в сборник, а затем насосом для регенерации подается на сепаратор.

Для регенерации магнетитовой суспензии используются барабанные электромагнитные сепараторы типа ЭБМ.

Принцип работы электромагнитного барабанного мокрого сепаратора ЭБМ основан на выделении из тонкого потока текущей пульпы высокомагнитных частиц магнетита с помощью электромагнитного поля, создаваемого электромагнитной системой, помещенной во вращающемся барабане.

Поперечный разрез сепаратора показан на рис. 9.5. Исходная суспензия по трубопроводу подается в распределительную камеру 1, откуда попадает на направляющий лоток и далее в ванну 6 под вращающийся барабан (основной узел сепаратора) 1. Внутри барабана неподвижно размещена электромагнитная система 3. Катушки электромагнитной системы барабана пи-

Рис. 9.5. Электромагнитный барабанный сепаратор ЭБМ



таются постоянным током через выпрямительную станцию АС10 для сепаратора ЭБМ80/170 и ВГ25 для сепаратора ЭБМ90/250.

В процессе эксплуатации сепараторов на выпрямительной станции необходимо поддерживать напряжение 210-220 В и силу тока 30-35 А. Снижение напряжения ведет к уменьшению напряженности магнитного поля на поверхности барабана и вследствие этого росту потерь магнетита с хвостами сепаратора, но при этом снижается расход электроэнергии и увеличивается срок службы электромагнитной системы. Поэтому в отдельных случаях минимальное напряжение на выпрямительной станции устанавливают с учетом допустимых потерь магнетита с хвостами сепаратора. Под действием магнитного поля магнитные частицы (магнетит) притягиваются к поверхности барабана, транспортируются им вверх, проходят под скребком 2, предназначенным для отжатия воды из магнитного продукта, и разгружаются скребком 5.

Немагнитный продукт в ванне сепаратора разделяется на две части: крупнозернистый шлам выпускается через нижнюю насадку 7 и направляется на дальнейшую обработку, а осветленная вода (слив) направляются через окно 8 на отмывку утяжелителя из продуктов обогащения. Ванна сепаратора смонтирована на раме 9. Хвосты сепаратора разгружаются через насадки. В сепараторе ЭБМ80/170 имеются три насадки, в ЭБМ90/250 их пять.

Комплект сменных насадок диаметром 25, 30, 33 и 40 мм поставляется с сепаратором. Диаметр насадки выбирают в зависимости от принятой производительности сепаратора по хвостам

Диаметр насадки в зависимости от производительности сепаратора

Диаметр насадки, мм . . . . .	25	30	35	40
Пропускная способность насадки, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	5	7,3	10	13,3
Производительность по хвостам сепаратора, м <sup>3</sup> /ч:				
ЭБМ80/170 (три насадки) . . . . .	15	22	30	40
ЭБМ90/250 (пять насадок) . . . . .	25	37	50	60

Производительность сепаратора по хвостам может быть уменьшена с помощью резиновых заглушек, устанавливаемых вместо насадок. Однако должно быть не более одной заглушки на сепараторе ЭБМ80/170 и двух - на ЭБМ90/250. Технические характеристики электромагнитных сепараторов для регенерации суспензии приведены в табл. 9.5.

Содержание магнетита в отходах регенерации при содержании шлама в питании до 150 кг/м<sup>3</sup> - 0,5 кг/м<sup>3</sup>, от 150 до 180 кг/м<sup>3</sup> - 1,0 кг/м<sup>3</sup> от 280 до 200 кг/м<sup>3</sup> - 1,5 кг/м<sup>3</sup>, от 200 до 250 кг/м<sup>3</sup> - 2,0 кг/м<sup>3</sup>.

Плотность магнетитового концентрата при содержании шлама в питании до 150 кг/м<sup>3</sup> - 2000-2300 кг/м<sup>3</sup>, от 150 до 200 кг/м<sup>3</sup> - 1900-2200 кг/м<sup>3</sup>, от 200 до 250 кг/м<sup>3</sup> - 1800-2000 кг/м<sup>3</sup>.

Т а б л и ц а 9.5

Технические характеристики электромагнитных сепараторов

Параметры	ЭБМ80/170	ЭБМ80/250	ЭБМ80/170	ЭБМ90/250
Производительность по суспензии, м <sup>3</sup> /ч, при содержании магнетита в твердой фазе питания, %:				
70-90	180	270	270	400
35-50	100-130	160-190	240	370
Диаметр рабочей части барабана, мм	800	800	800	900
Длина барабана, мм	1680	2490	1680	2490
Частота вращения барабана, мин <sup>-1</sup>	6,5-10,8	6,5-10,8	9,5	9,65
Напряженность магнитного поля, кА/м	130	130	210	210
Мощность, кВт:				
магнитной системы	7,25	10,9	15,7	23,5
электродвигателя	3	4	3	4
Габариты, мм:				
длина	3000	3750	3090	4840
ширина	1995	1995	1995	1995
высота	2200	2300	2500	2500

**Схемы регенерации.** Выбор схемы регенерации определяется особенностями технологии обогащения, главным образом крупностью обогащаемого угля и сопутствующих пород.

Технологическая схема регенерации включает следующие операции: сбор промывных вод, содержащих магнетит, отмытый от продуктов обогащения оборотной и технической водой; отвод некоторой части рабочей суспензии, содержащей и угольный шлам, для последующей очистки; выделение магнетитового концентрата из всех промывных вод; уплотнение регенерированной суспензии и возврат ее в систему циркуляции; вывод избыточного шлама с отходами регенерации. Регенерация суспензии осуществляется в одну, две стадии или отдельно в зависимости от крупности обогащаемого угля и загрязнения суспензии (наличие размокаемых и глинистых пород, содержания шлама в исходном угле).

*Схема регенерации суспензии в одну стадию* применяется при обогащении крупных классов углей в следующих случаях:

при эффективном обесшламливании машинного класса +25 мм (содержание в нем класса менее 1 мм не более 1,5-2,0%);

когда в обогащаемом угле отсутствует размокаемая и глинистая порода;

когда в некондиционной суспензии, направляемой на регенерацию, содержание твердого не превышает 300 кг/м<sup>3</sup> (в том числе шлама не более 50 кг/м<sup>3</sup>).

Если указанные условия не соблюдаются, то применение схемы регенерации в одну стадию допустимо лишь при уменьшении нагрузки на электромагнитный сепаратор до 50-60% от номинальной величины.

Применение схемы регенерации в одну стадию требует обязательной установки резервного электромагнитного сепаратора.

*Схема регенерации суспензии в две стадии.* Применяется при обогащении крупного угля при несоблюдении условий для схемы регенерации в одну стадию, а также при обогащении бурых углей. Схема включает в себя два последовательно установленных сепаратора. Количество электромагнитных сепараторов, устанавливаемых на первой стадии регенерации, определяется, исходя из объема регенерируемой суспензии и производительности сепараторов. На вторую стадию направляются отходы и часть слива первой стадии регенерации. При обогащении угля с сильно размокаемыми и глинистыми породами для вывода илов из системы отходы регенерации направляются в илонакопители фабрики.

*Схема отдельной регенерации суспензии* применяется при обогащении мелких классов угля и антрацитов в тяжелосредних циклонах, а также при обогащении крупных классов с сильно размокаемыми и глинистыми породами. Особенностью схемы является отдельная регенерация разбавленной и части рабочей суспензии, определяемых при обогащении каждого из продуктов обогащения. Схема отдельной регенерации дает возможность

обогащения мелкого угля в циклонах до крупности, значительно меньшей размера щели обезвоживающих грохотов. Преимуществом схемы отдельной регенерации является возможность повышения содержания класса менее 0,5 мм в питании циклонов до 8-10%. Отходы регенерации каждого продукта направляются в классификационные гидроциклоны, сгущенный продукт которых идет в присадку к соответствующим продуктам обогащения.

Для обеспечения полного вывода шлама из системы на регенерацию отводится 40-50% рабочей суспензии. При обогащении антрацитов в циклонах применяют только отдельную регенерацию суспензии для вывода тонких илов из системы. Схемы регенерации и магнитные сепараторы обеспечивают сравнительно низкие потери магнетита с хвостами и сливом и высокое извлечение магнетита в концентрате - до 99,9%.

**Расход воды на отмывку магнетита от продуктов обогащения.** Для отмывки магнетита от продуктов обогащения с целью улавливания и возврата его в процесс применяются оборотная и техническая вода. В качестве оборотной воды на установках для обогащения в магнетитовой суспензии используется слив магнитных сепараторов, который самотеком подводится к брызгальным устройствам. Расход воды на отмывку магнетита от продуктов обогащения крупного угля колеблется от 0,6 до 1,1 м<sup>3</sup>/т и зависит от крупности материала, плотности суспензии, нагрузки на грохот, равномерности распределения материала и воды по ширине грохота, содержания шлама в промывочной воде. При отмывке продуктов обогащения мелкого угля расход воды возрастает до 1,7-3,0 м<sup>3</sup>/т. Основной объем воды на отмывку поступает из перелива электромагнитных сепараторов системы регенерации.

При повышенном содержании мелких классов в продуктах резко ухудшается отмывка магнетита на обезвоживающих грохотах и увеличиваются потери его с продуктами обогащения. При этом возрастает зашламленность разбавленной суспензии, что в свою очередь, приводит к увеличению потерь магнетита с отходами регенерации. Магнетитовый концентрат из-за высокого содержания в нем шлама получается некондиционным (содержание магнитной фракции менее 90%).

Подача свежей или осветленной воды в систему регенерации для поддержания уровня в сборниках некондиционной суспензии осуществляется только через брызгальные устройства, установленные на грохотах для отмывки магнетита. Общий расход воды на отмывку магнетита от продуктов обогащения зависит от крупности обогащаемого угля.

Крупность, мм	0,5-6	0,5-13	0,5-25
Расход воды, м <sup>3</sup> /т	2-3	1,8-2,5	1,5-1,7
Крупность, мм	6-13	6-25	10-50
Расход воды, м <sup>3</sup> /т	1-1,5	1,2-4	0,8-1,1
Крупность, мм	13-50	13-100	13-150
			(25-200)
Расход воды, м <sup>3</sup> /т	0,9-1,1	0,8-0	0,7-0,9
			(0,6-0,7)

Способ отделения суспензии. В сепараторах суспензия сливается через порог вместе с всплывшим продуктом. До 30-35% ее уходит через дренажное сито предварительного сброса, установленное на сливе сепаратора, остальная часть поступает на обезвоживающие грохота, которые оборудованы щелевидными или ткаными ситами. Для отделения суспензии при обезвоживании на грохотах мелкого угля обычно применяют щелевидные сита с размером щели 0,75-1 мм (при раздельной регенерации - до 3 мм), а при обезвоживании крупного угля (1,0-1,5 мм) иногда применяют тканую сетку типа "Волна", имеющую отверстия размером 0,7×1,4 мм. Для отделения суспензии и обезвоживания продуктов обогащения применяют как односитные, так и двухситные грохоты с размером отверстий верхнего разгрузочного сита 6, 13 или 25 мм.

Длина грохота на участке отделения суспензии принимается не менее 1,5 м, на участке отмывки магнетита от продуктов обогащения - 2 м, на участке обезвоживания после отмывки - 1,5-2 м. Влажность продуктов обогащения после обезвоживающих грохотов принимается для концентрата: крупных классов 6-9%, мелких 10-12%; шлама 22-28%; для отходов: крупных классов 5-6%, мелких классов 12-14%.

#### 9.4. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

К вспомогательному оборудованию тяжелосредних установок для обогащения крупного, среднего и мелкого угля относятся: сборники суспензий, разбрызгивающие устройства и насосы для перекачки суспензии. При обогащении угля в циклонах дополнительно применяются дуговые сита (конические грохоты), смеситель, бак регулирующий и делитель суспензии.

Сборники суспензии типа СБМ предназначены для приема, хранения и подачи магнетитовой суспензии различной плотности в системе циркуляции суспензии обогатительных фабрик и установок, оборудованных тяжелосредними сепараторами и циклонами. Сборники представляют собой резервуары цилиндрической формы и состоят из корпуса, приемного устройства, разгрузочного конуса и системы подвода сжатого воздуха.

В верхней части корпуса расположены два патрубка аварийного перелива суспензии. В нижней части сборник оснащен несколькими патрубками для присоединения рабочего и резервного насосов, аварийного выпуска суспензии, соединения сборников между собой и подачи под давлением воздуха для перемешивания суспензии перед пуском тяжелосредней установки.

Запас суспензии в сборнике должен быть достаточным для восполнения технологических потерь магнетита за две смены. Увеличение плотности кондиционной суспензии достигается добавлением свежей суспензии большой плотности или повышением расхода суспензии при отводе на регенерацию, если имеется

достаточный ее запас в сборнике. Разбавление суспензии производится водой непосредственно в сборнике кондиционной суспензии.

#### Техническая характеристика сборников суспензии

	СБ-15М	СБ-30М
Типоразмер	15	30
Объем сборника, м <sup>3</sup>	2900	4500
Внутренний диаметр, мм	4600	5070
Высота, мм		
Расход воздуха на перемешивание при давлении 0,6 МПа, м <sup>3</sup> /ч	100	200
Время подачи воздуха на разовое перемешивание суспензии, ч	0,5	0,5
Масса, кг	3000	6000

**Разбрызгивающие устройства.** Для отмывки магнетита от продуктов обогащения на обезвоживающих грохотах применяют разбрызгивающие устройства трех типов: веерные - напорные, ливневые - безнапорные и центробежные.

Напорные и особенно центробежные работают более эффективно, чем ливневые - безнапорные разбрызгивающие устройства.

**Веерное разбрызгивающее устройство** (рис.9.6) состоит из трубы 3 с торцовыми фланцами 6, в которую через подводящий патрубок 5 под давлением поступает вода. К нижней части трубы приварены расходные патрубки 2 с лопатками 1 трапециевидальной формы. Лопатки смещены относительно друг друга.

Эффективная работа напорных брызгал обеспечивается при подаче достаточно чистой воды, иначе патрубки забиваются. Для чистки брызгал в трубе имеются отверстия, закрытые пробками 4. Для эффективной отмывки утяжелителя от продуктов обогащения устанавливают на грохоте два - четыре ряда разбрызгивающих устройств по всей ширине движения продуктов обогащения. Напорные брызгала забиваются крупными частицами угля и щепой, находящимися в технической воде, поэтому их используют при наличии достаточно чистой оборотной воды.

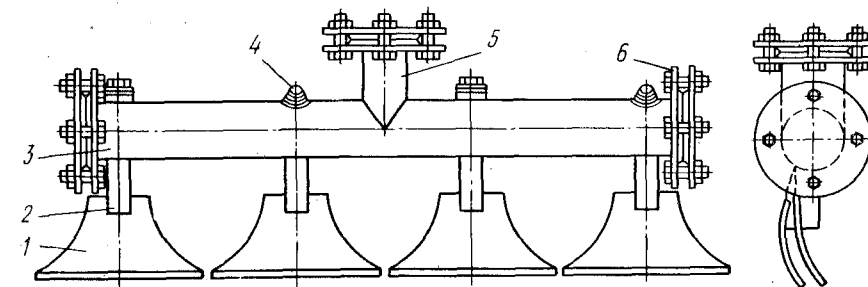


Рис. 9.6. Веерное разбрызгивающее устройство

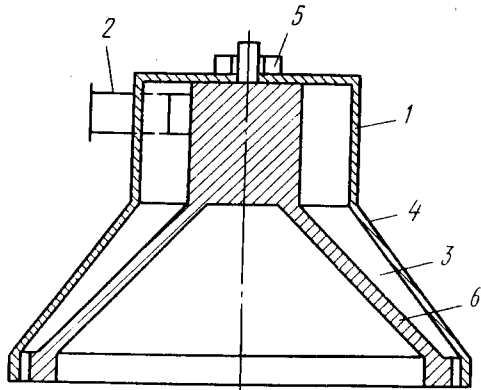


Рис. 9.7. Центробежное разбрызгивающее устройство

Центробежное разбрызгивающее устройство (рис. 9.7) работает следующим образом: техническая вода через тангенциальный ввод 2 поступает в цилиндрическую камеру 1. Под действием центробежных сил вода отбрасывается к стенкам конической насадки 3 и выходит через зазор, образованный насадкой и конусом 4. Регулировка осуществляется направляющим элементом 6 с помощью винта 5. Разбрызгивающие устройства выполнены из капрона, легки, удобны при монтаже и обслуживании. Они ополаскивают и отмывают продукты обогащения по всей ширине грохота и располагаются в шахматном порядке по обе стороны от коллектора. При этом вода выходит сплошной струей, равномерной по ширине, и распространяется на большую поверхность грохота.

Насосы для перекачки суспензии применяют грунтовые типа ГрА, предназначенные для перекачивания гидросмесей плотностью до  $2200 \text{ кг/м}^3$  с твердыми включениями до 30%, максимальной крупностью до 6 мм. Насосы изготавливают (проточная часть) из износостойкого сплава и снабжают лабиринтными резиновыми уплотнениями вместо сальниковых.

Смесители одно- и двухкамерные предназначены для смачивания и смешивания обогащаемого угля с рабочей суспензией и обеспечения необходимого напора потока на входе в тяжелосредний обогатительный циклон за счет установки их на необходимой высоте над циклоном.

Смеситель двухкамерный (рис. 9.8) или однокамерный представляет собой резервуар, разделенный на два отделения: напорное 1 и смесительное 2. Оба отделения в нижней части смесителя объединены посредством камеры, к которой подключен циклон. В верхней части смесительного отделения имеется загрузочный желоб с решеткой 3, которая предохраняет от попадания крупных кусков угля или посторонних предметов в сме-

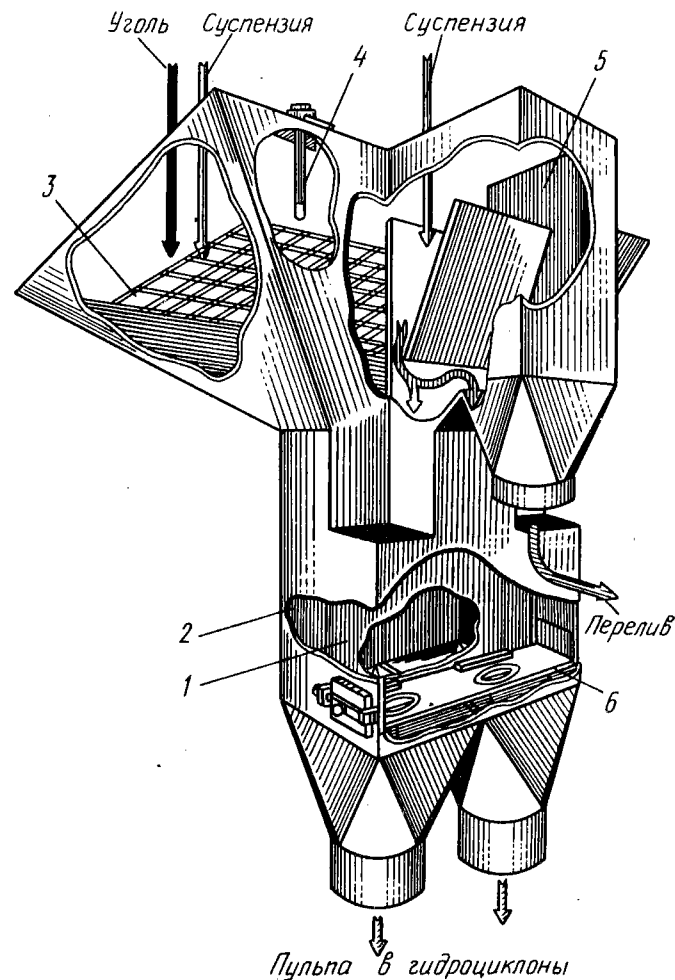


Рис. 9.8. Смеситель двухкамерный

сительное отделение. Для осмотра смесительного отделения предусмотрены два люка.

Напорное отделение смесителя предназначено для создания и поддержания определенного напора на входе в циклон. В верхней части напорного отделения размещен шибер для направления потока, в нижней части вмонтирована диафрагма 6 с отверстием, расход суспензии через которое зависит от перепада уровней в напорном и смесительном отделениях.

При подаче обогащаемого материала в смесительное отделение уровень суспензии в нем повышается, и подача суспензии

из напорного отделения уменьшается. Таким образом, автоматически поддерживается заданная подача суспензии в циклон. Излишки суспензии отводятся в переливную камеру 5 и далее - в систему циркуляции рабочей суспензии.

В смесительном и напорном отделениях установлены датчики уровня 4, которые сигнализируют о переливе суспензии в напорном отделении и аварийном уровне в смесительном отделении (при попадании крупных кусков угля или при его перегрузке).

**Техническая характеристика смесителей**

Тип смесителя . . . . .	C1	C2	C3	C4
Максимальная производительность:				
по углю, т/ч . . . . .	50	100	120	240
по суспензии, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	300	400	480	960
Габариты, мм:				
длина . . . . .	1900	1900	1845	1595
ширина . . . . .	890	2100	2400	2400
высота . . . . .	3049	3049	3080	3080
Масса, кг:				
без футеровки . . . . .	1159	1545	-	-
с футеровкой . . . . .	-	-	1770	2400

**Баки регулирующие.** Регулирующий бак (рис. 9.9) предназначен для распределения суспензии заданной плотности на два регулируемых потока, направляемых в смесительное устройство, при обогащении каменных углей и антрацитов в циклонах. Он используется также как промежуточная емкость между насосом и смесителем.

Суспензия подается насосом в камеру 4, и переливаясь через перегородку 5, поступает в смесительную камеру 6, в которой авторегулятором поддерживается заданная плотность. Ка-

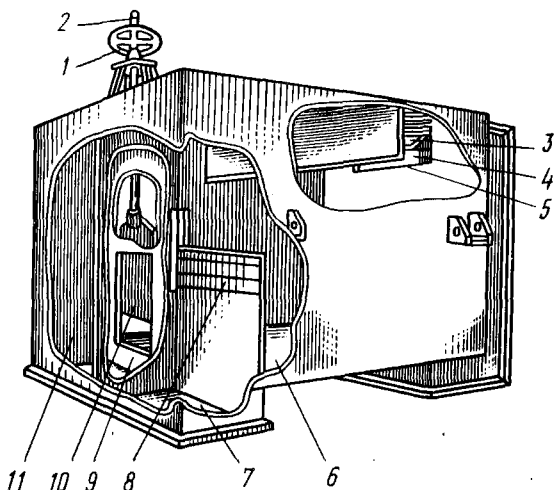
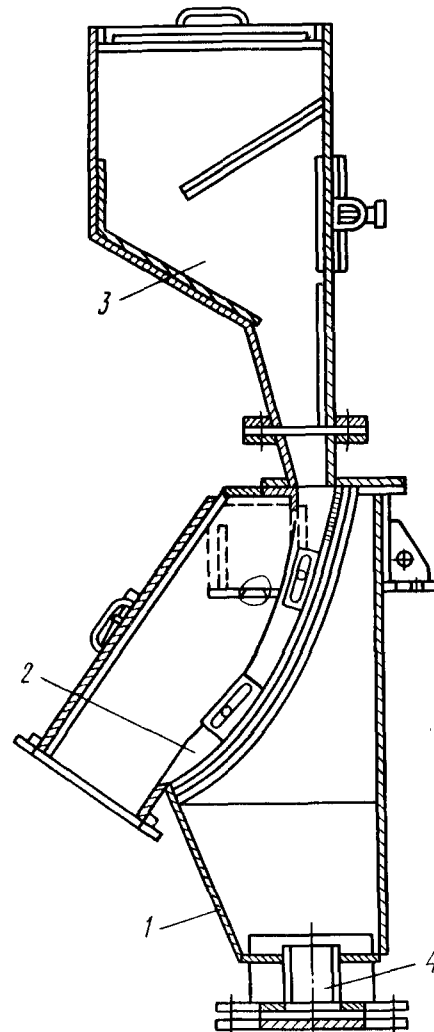


Рис. 9.9. Регулирующий бак

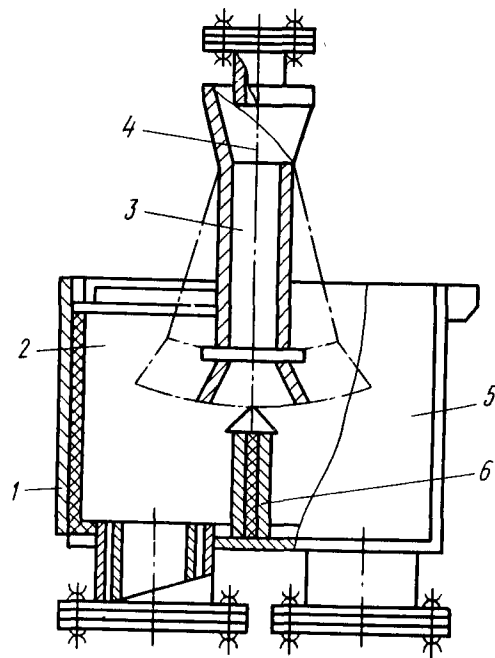
Рис. 9.10. Сито дуговое



мера 4 разделена поперечной перегородкой на два отделения для подключения двух насосов: рабочего и резервного. В камере 4 имеется отбойник 3 для равномерного распределения потока воды, поступающей через систему автоматического регулирования для разбавления тяжелой среды. Суспензия заданной плотности через регулируемую щель в перегородке 9 из камеры 6 поступает в камеру 11 и далее направляется в смесительное отделение.

Подача суспензии в смесительное отделение регулируется шибером 10 с помощью винта 2 и маховика 1. Оставшаяся сус-

Рис. 9.11. Делитель суспензии Д-2



пензия из камеры 6, через порог, состоящий из съемных планок 8, поступает в камеру 7 и далее направляется в напорное отделение смесителя. Объем смесительной камеры бака регулируется числом съемных планок 8.

Техническая характеристика баков регулирующих

Бак регулирующий	БР1	БР2	БР3	БР4
Пропускная способность по суспензии, м <sup>3</sup> /ч	400	500	500	650
Габариты, мм:				
длина	1274	1665	2350	3075
ширина	1210	1420	1600	1620
высота	1735	2540	2650	2134
Масса, кг	926	1200	2200	2960

Сито дуговое устанавливается перед грохотами, обезвоживающими концентрат и промпродукт циклонов для частичного отделения суспензии. Сито дуговое (рис. 9.10) состоит из приемной камеры 3, корпуса 1 и фильтрующих решеток 2. В нижней части корпуса дугового сита предусмотрен патрубок 4, предназначенный для подсоединения датчика или делителя авторегулятора плотности суспензии.

Техническая характеристика дуговых сит

Сито дуговое	СД1,5	СД2
Производительность по углю, т/ч	100	150
по пульпе, м <sup>3</sup> /ч	200	300
Крупность перерабатываемых углей, мм	0,5-40	0,5-40
Ширина щели решетки, мм	1	1
Полезная площадь решеток, м <sup>2</sup>	1,5	2
Радиус кривизны решетки, мм	550	550
Габариты, мм:		
длина	910	910
ширина	1570	2320
высота	2430	2430
Масса, кг:		
без футеровки	1460	2010
с футеровкой	2400	3300

Делитель суспензии Д-2 (рис.9.11) предназначен для направления кондиционной суспензии из-под дуговых сит в сборники кондиционной суспензии и на регенерацию в объемах, необходимых для поддержания заданной плотности рабочей суспензии. Суспензия поступает в делитель 1 через шарнирно подвешенный на оси 4 раструб 3, который перемещается над перегородкой 6 между двумя отделениями 2 и 5. В зависимости от положения раструба 3 суспензия может частично или полностью выводиться на регенерацию, либо направляться через сборник кондиционной суспензии в циркуляцию.

9.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, СХЕМЫ И РЕЖИМЫ ОБОГАЩЕНИЯ В МАГНЕТИТОВОЙ СУСПЕНЗИИ

К технологическим параметрам относятся: содержание частиц в машинном классе менее нижнего предела, содержание шлама в исходном продукте, верхняя и нижняя граница крупности обогащаемого материала, расход воды на мокрую классификацию и обесшламливание, удельная производительность аппарата, расход воды на отмывку утжелителя, объемная концентрация твердой фазы, плотность и свойства суспензии и др.

Подготовка угля к обогащению. Подготовка машинных классов угля к обогащению в магнетитовой суспензии существенно влияет на эффективность разделения минеральных зерен. Она включает операции классификации на машинные классы заданной крупности и обесшламливание. Подлежащий обогащению в магнетитовой суспензии уголь не должен содержать сверх установленной нормы частиц, крупность которых меньше нижней границы крупности машинного класса. Допустимое общее содержание частиц крупностью менее нижнего предела машинного класса следующее:



Нижний предел крупности машинного класса, мм	25	13	10
Предельное содержание мелких классов для каменных углей и антрацитов, %	10,7	9,6	8

Это требование обосновано тем, что мелкие частицы содержащиеся в машинном классе, являются наиболее вероятным источником засорения продуктов обогащения. Особенно жестко ограничивается содержание частиц крупностью меньше 1 мм, так как эти частицы ухудшают свойства суспензии. При обогащении крупного угля содержание класса крупностью менее 1 мм не должно составлять более 2%. При обогащении мелкого угля содержание класса менее 0,5 мм не должно превышать 5%.

В связи с изложенными выше требованиями сухая классификация допускается при нижнем пределе крупности машинного класса не менее 25 мм и влажности исходного угля не выше 7%. При влажности рядового угля более 7% и глубине обогащения до 0 или 0,5 мм, как правило, предусматривается мокрая классификация с последующим обесшламливанием подрешетного продукта. При глубине обогащения до 13 мм независимо от влажности предусматривается сухая классификация с последующим обесшламливанием крупного машинного класса.

При мокрой классификации и обесшламливании крупного угля используется оборотная вода с содержанием твердого до 50-60 кг/м<sup>3</sup>, а при обесшламливании мелкого угля используется техническая или оборотная вода с содержанием твердого не более 20-30 кг/м<sup>3</sup>. Мокрая классификация производится на подвижных грохотах (типа ГИС или ГСЛ) или неподвижных (типа ГГЛ2, комплекс КТУ800). Обесшламливание надрешетного продукта производится на подвижных грохотах, мелкого угля на дуговых ситах, грохотах или багер-зумпфах.

При низкой эффективности классификации рабочая суспензия загрязняется угольными и породными шламами выше допустимых пределов, повышается ее вязкость, в результате чего снижается точность разделения, возрастают потери магнетита при регенерации, суспензии и обезвоживании продуктов обогащения. Поэтому эффективность классификации угля имеет решающее влияние на показатели процесса обогащения угля в минеральных суспензиях.

В зависимости от производительности и условий классификации грохота устанавливаются параллельно или последовательно. На фабриках с производительностью более 500 т/ч грохота устанавливаются параллельно. Однако и в этих случаях сначала устанавливаются неподвижные, а затем подвижные грохота с целью более полного обесшламливания машинного класса. Нормы расхода воды на мокрую классификацию и обесшламливание приведены в табл. 9.6.

Обогащение крупного угля. При обогащении крупного угля одним машинным классом нижний предел крупности принимается

Расход воды, м<sup>3</sup>/т

Размер отверстий сит, мм	Мокрая классификация исходного угля	Обесшламливание крупного машинного класса
25	0,6-1,0	0,5-0,8
13	1,2-1,4	0,8-1,0
10	1,4-1,6	1,0-1,4
6	1,6-1,8	1,4-1,6

Т а б л и ц а 9.7

Удельные производительности на 1 м ширины ванны сепаратора, кг/ч

Крупность обогащаемого угля, мм	Тип сепаратора	
	СКВ, СКВП с короткой ванной	СКВП с длинной ванной
13-100	60	75
25-100	70	90
13-200	70	90
25-200	80	100

25 или 13 мм, а в некоторых случаях 10 мм. Верхний предел принимается не более 200 мм, а в отдельных случаях (уголь с разрезами) до 300 мм.

Обогащение крупного угля двумя машинными классами применяется в случае:

когда из-за особенностей фракционного состава угля узкие классы крупности целесообразно обогащать по различной плотности разделения;

когда массы каждого из узких классов достаточно для загрузки отдельного сепаратора.

При этом крупность машинных классов принимается: 13-25(50) мм и более 25(50) мм или 13(10)-50 и +50 мм.

Производительность сепаратора зависит от крупности обогащаемого угля и ширины ванны. При содержании в исходном угле легкой фракции более 50% производительность сепаратора определяется по всплывшему продукту. В случае, если в угле содержится более 50% породы, необходимо проверить производительность элеваторного колеса сепаратора по формуле:

$$Q = 0,06Vnz\theta\gamma, \text{ т/ч} \quad (9.5)$$

где:  $V$  - объем одного ковша, м<sup>3</sup>;  $n$  - частота вращения элеваторного колеса, мин<sup>-1</sup>;  $z$  - число ковшей элеваторного колеса;  $\theta$  - 0,6-0,8, коэффициент заполнения ковшей;  $\gamma$  - плотность потонувшей фракции, кг/м<sup>3</sup>.

В табл. 9.7. приведены удельные производительности на 1 м ширины ванны сепаратора.

Полная производительность сепаратора (в т/ч) по исходному углю определяется по формуле:

$$Q = \frac{qB}{R} \cdot 100, \quad (9.6)$$

где  $q$  - удельная производительность на 1 м ширины ванны, кг/(ч·м);  $B$  - ширина ванны сепаратора, м;  $R$  - возможный выход всплывшего продукта (концентрата), доли ед.

Существенное влияние на показатели обогащения в сепараторе помимо свойств суспензии оказывает скорость рабочей среды, работа загрузочных и разгрузочных устройств.

В ванне сепаратора исходный уголь разделяется на всплывшую и потонувшую фракции. Плотность суспензии, как правило, равна плотности разделения. Отклонение от этого правила возникает с изменением свойств суспензии. Рабочая суспензия из сборника для ее хранения подается на сепаратор в одну точку, где она специальным устройством делится на два потока. Из общего расхода 2/3 суспензии направляется в карман для подачи восходящего потока, необходимого для поддержания утяжелителя во взвешенном состоянии, а также поддержания постоянного уровня суспензии в ванне сепаратора, и примерно 1/3 общего расхода направляется в горизонтальный ввод для создания потока, необходимого для транспортирования всплывшего продукта вдоль ванны и разгрузки через порог.

Режим работы предусматривает поддержание оптимальной плотности разделения и обеспечения правильного распределения суспензии на транспортный и восходящий потоки. Практикой установлено, что оптимальная высота свободного слива суспензии из ванны сепаратора типов СКВ и СКВП составляет 30-35 мм. Расход суспензии на сливе сепаратора составляет 80-100 м<sup>3</sup>/ч на 1 м ширины ванны в зависимости от крупности обогащаемого угля.

В сепараторах суспензия сливается через порог вместе со всплывшим продуктом, часть ее (до 30-35%) уходит через дренажное сито предварительного сброса, остальная часть поступает на промывочно-обезвоживающий грохот. Для возврата су-

спензии в цикл циркуляции под промывочно-обезвоживающими грохотами для концентрата устанавливаются ванны с двумя отсеками: на первой части грохота выделяется рабочая суспензия, на второй - производится ополаскивание продукта, а промывочные воды (разбавленная суспензия) направляются в цикл регенерации. Под промывочно-обезвоживающими грохотами для отходов установлена ванна с одним отсеком и все подрешетные воды направляются в цикл регенерации.

Режим процесса обогащения крупных классов предусматривает отвод рабочей суспензии из-под сита предварительного сброса суспензии на регенерацию ориентировочно в количествах:

Плотность суспензии, кг/м <sup>3</sup>	1500	1500-1900	>1900
Часть потока, отводимого на регенерацию	1/3	2/3	1
Доля кондиционной суспензии, направляемой на регенерацию, %	10	20	30

**Обогащение мелкого угля.** В тяжелосредних циклонах эффективно обогащается уголь крупностью в диапазоне от 0,2 до 50 мм. Верхний предел крупности машинного класса зависит от типоразмера применяемого циклона. Верхняя граничная крупность машинного класса приведена в табл. 9.8.

Нижняя граница крупности машинного класса при обогащении устанавливается, как правило, равной 0,5 мм. В машинном классе может содержаться до 20% шлама крупностью менее 0,5 мм.

При содержании шлама до 5% раздельная регенерация разбавленной суспензии не применяется, в этом случае фактическая глубина обогащения совпадает с граничной крупностью.

При содержании шлама более 5% применяется раздельная регенерация разбавленной суспензии с последующими улавливанием, классификацией по граничному зерну около 0,2 мм и обезвоживанием этого обогащенного шлама. Это обеспечивает фактическую глубину обогащения до 0,2 мм.

Производительность циклона определяется его пропускной способностью и зависит от давления пульпы, диаметра циклона, размеров выпускных патрубков. Давление определяется высотой установки смесителя. Для создания устойчивого вращающегося потока пульпы в циклоне точная подстройка достигается путем изменения высоты переливного порога напорного отделения смесителя.

Объемное содержание в суспензии твердой фазы (магнетита и шлама) в питании сепараторов не должно превышать 32,5%. Соотношение объемов суспензии и обогащаемого угля в питании циклона (Ж:Т) принимается для каменных углей 3:1, для антрацитов 4:1 (табл. 9.9).

Непрерывное условие эффективного разделения материала в циклоне - это стабилизация питания по объему, которая обеспечивается конструкцией смесителя автоматически за счет со-

Т а б л и ц а 9.8

Параметры обогащения в циклонах

Диаметр цилиндрической части циклона, мм	Предельная верхняя граничная крупность, мм	Максимальное содержание класса, превышающего верхнюю граничную крупность, %	Предельный размер отдельных крупных кусков, мм
500	25	5	50
630	30	10	50
710	40	5	60
750	50	5	80

Т а б л и ц а 9.9

## Производительность циклонов

Диаметр циклона (двухпродуктового или первой ступени трехпродуктового), мм	Производительность			
	по углю, т/ч		по суспензии, м <sup>3</sup> /ч	
	номиналь- ная	максималь- ная	номиналь- ная	максимальная при наибольших насадках и ста- канах
500	50	65	200	250
630	80	100	250	300
710	100	130	350	450
730	150	170	500	600

Т а б л и ц а 9.10

## Засорение шламом продуктов обогащения

Источник	Содержание шлама, %	
	Крупный уголь	Мелкий уголь
От неполноты классификации	1,5-2,0	3,0-5,0
От истирания в сепараторах, циклонах и обезвоживающих грохотах	0,5-1,0	1,0-2,0
Всего	2,0-3,0	4,0-7,0
Остаток шлама в продуктах обогащения после промывоч- но-обезвоживающих грохотов	1,0-1,5	2,0-2,5

общающихся в нижней части отделений - напорного и смесительного (регулируется заслонкой с отверстиями определенного диаметра) и наличия постоянного перелива суспензии в смесительном отделении. С увеличением подачи угля за счет увеличения расхода пульпы через перелив увеличивается подача суспензии. При уменьшении подачи угля расход суспензии через перелив уменьшается.

Производительность суспензионного насоса необходимо предусматривать на 15-20% выше номинальной, что обеспечит устойчивое питание циклона по объему. Питание во второй секции трехпродуктовых каскадных циклонов превышает плотность разделения первой ступени на 300-600 кг/м<sup>3</sup>.

Подбором диаметров нижней и верхней насадки можно изменять эту разность плотностей между ступенями на 100-200 кг/м<sup>3</sup>, а подбором утяжелителя соответствующей крупности - на 500-800 кг/м<sup>3</sup>. В современных конструкциях модернизированных трехпродуктовых циклонов для подстройки режимов разделения в пределах  $\pm 50$  кг/м<sup>3</sup> предусмотрены специальные под-

воды, позволяющие осуществлять подачу во вторую ступень суспензии повышенной плотности (2000-2300 кг/м<sup>3</sup>) или оборотной воды.

На регенерацию следует отводить не менее 30% рабочей суспензии совместной регенерации разбавленной суспензии и не менее 40% в схемах с отдельной регенерацией. При обогащении в двухпродуктовых циклонах с концентратом уходит 60-80% рабочей суспензии, а при обогащении в трехпродуктовых циклонах с концентратом, промпродуктом и отходами - соответственно 50-60, 30-40 и 10-20% рабочей суспензии. Шламообразование при обогащении в тяжелых суспензиях незначительно. Засорение шламом продуктов обогащения приведено в табл. 9.10.

Для сохранения стабильных свойств суспензии, т.е. поддержания постоянной оптимальной плотности разделения, желательно иметь минимальные потери магнетита.

Для поддержания минимального расхода магнетита необходи-

мо: в желобах ополаскивающих устройств обеспечивать постоянный перелив по всей ширине грохота;

все случайные сбросы магнетитовой суспензии (переливы, выпуски из стояков и сальников насосов, из трубопроводов и аппаратов и др.) собирать в зумпф и возвращать в сборник разбавленной суспензии;

содержание твердой фазы в оборотной воде, подаваемой на отмывку магнетита от продуктов обогащения, должно быть не более 80-100 кг/м<sup>3</sup>.

В практических условиях обогатительных фабрик потери магнетита составляют от 0,6 до 3 кг на 1 т обогащаемого угля и складываются из безвозвратных потерь с продуктами обогащения, отходами регенерации, при приготовлении суспензии, с переливами (не возвращающимися в цикл регенерации), при доставке и транспортировке магнетита. Общий расход магнетита определяется как отношение массы утяжелителя к массе перерабатываемого угля.

Нормы потерь магнетита при обогащении углей крупных и мелких (значения в скобках) классов

Обогащаемый материал	Каменный уголь, антрацит	Бурый уголь
Потери магнетита, кг/т:		
с продуктами обогащения	0,2-0,4(0,5-0,7)	0,8-1
с хвостами регенерации	0,2-0,3(0,4-0,8)	0,2-0,3
прочие	0,1-0,2(0,1-0,2)	0,1-0,2
общие	0,5-0,9(1,1-1,7)	1,1-1,5

Чрезмерные потери магнетита связаны:

с потерями объема рабочей суспензии;

с перегрузкой электромагнитных сепараторов по магнетиту, вызывающей потери магнетита с хвостами регенерации;

в случае сбрасывания всех случайных переливов и сбросов суспензии в наружную канализацию;

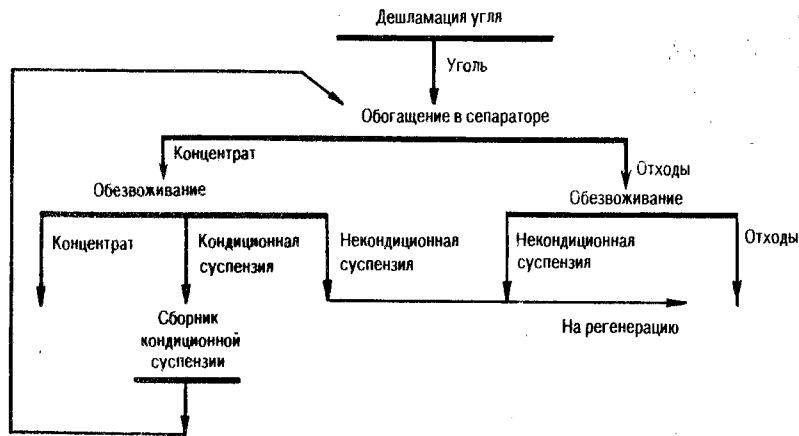


Рис. 9.12. Схема обогащения крупного угля в одну стадию с разделением на два продукта

с избыточным отводом на осветление хвостов регенерации;  
с перегрузкой обезвоживающих грохотов или неполной отмывкой магнетита от продуктов обогащения.

Для восполнения потерь магнетита с продуктами обогащения, отходами регенерации и случайными потерями в систему добавляется свежая суспензия, как правило, один раз в смену или один раз в сутки.

Схемы обогащения углей в минеральных суспензиях отличаются большим разнообразием, обусловленным разницей в свойствах исходных углей (крупность, обогатимость), а также требованиями потребителей к качеству концентрата.

Схема обогащения крупного угля в одну стадию с разделением на два продукта (рис. 9.12) включает следующие операции: подготовку угля перед обогащением (сухую или мокрую классификацию), обогащение в сепараторе с магнетитовой суспензией с получением двух конечных продуктов (концентрата и отходов), отделение кондиционной суспензии, отмывку утяжелителя и обезвоживание продуктов обогащения, регенерацию разбавленной суспензии, систему циркуляции суспензии требуемой плотности, автоматическое распределение потоков и регулирование плотности суспензии.

Схема применяется на установках механизированной породовыборки и обогатительных фабриках для обогащения энергетических углей и антрацитов.

Схема обогащения угля в две стадии с выделением в первой стадии концентрата (при разделении от меньшей плотности к большей) или от отходов (при разделении от большей плотности к меньшей) (рис. 9.13) включает следующие операции: подготовку угля перед обогащением (сухую или мокрую классифика-

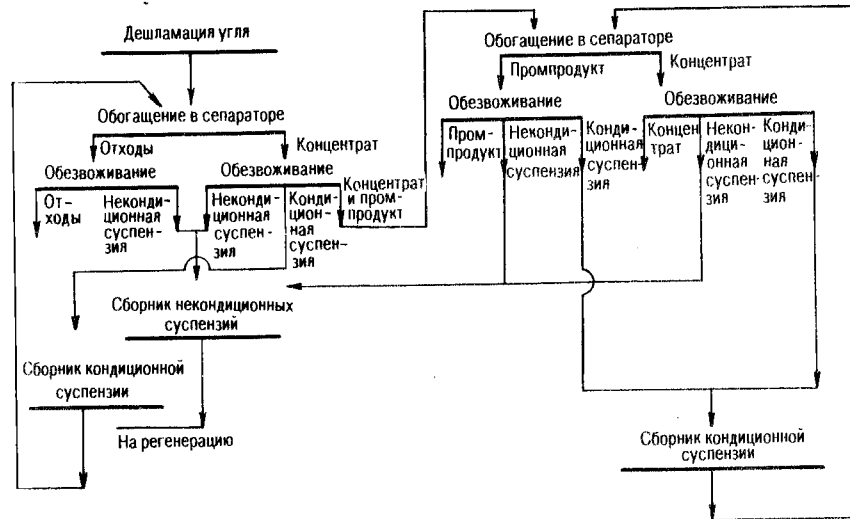


Рис. 9.13. Схема обогащения угля в две стадии с выделением в первой стадии концентрата или отходов

цию), последовательное обогащение в двух сепараторах с получением трех конечных продуктов (концентрата, промпродукта и отходов), отделение кондиционной суспензии, отмывку утяжелителя и обезвоживание продуктов, автоматическое регулирование плотности суспензии и распределение потоков. Схема регенерации суспензии - общая для обеих стадий. Питание сепаратора осуществляется из различных емкостей, в каждой из которых находится суспензия необходимой плотности для данной стадии обогащения.

Схема с выделением концентрата в первой стадии обогащения применяется для обогащения углей с выходом легких фракций более 50% при отсутствии размокаемых пород в исходном угле. При низком содержании в исходном угле легких фракций и наличии быстроразмокаемых пород в целях снижения поступления глинистых частиц в суспензию в первой стадии обогащения выделяется порода (отходы).

Схема обогащения мелкого угля или дроблегого промпродукта крупностью 0,5-25 (13) мм в двухпродуктовых циклонах (рис. 9.14) включает операцию обесшламливания угля на грохотах или в багер-зумпфах, обогащение в двухпродуктовых циклонах, регенерацию разбавленной суспензии, автоматическое регулирование плотности суспензии.

Схема обогащения мелкого угля (при переобогащении промпродукта) в трехпродуктовых циклонах (рис. 9.15) включает подготовку исходного питания (обесшламливание при необходимости дробления и др.), смещение исходного продукта с маг-

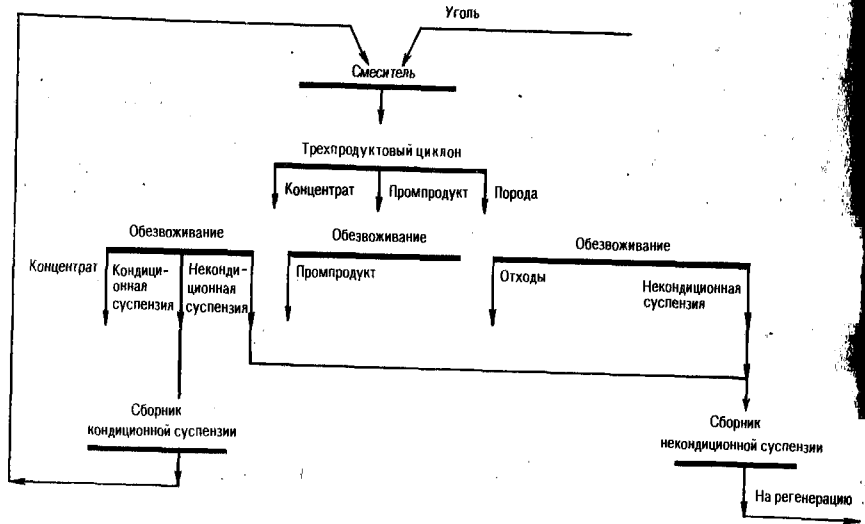


Рис. 9.14. Схема обогащения мелкого угля или дробленого промпродукта в двухпродуктовых циклонах

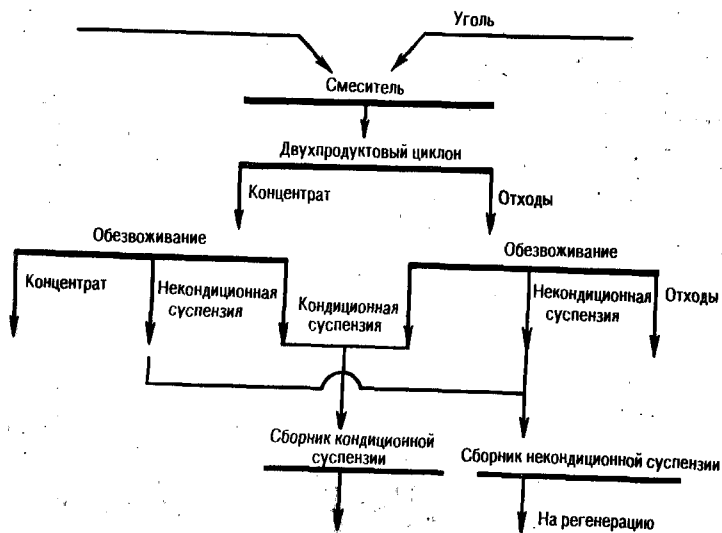


Рис. 9.15. Схема обогащения мелкого угля в трехпродуктовых циклонах

нститовой суспензией, обогащение в трехпродуктовом циклоне, циркуляцию кондиционной суспензии, совместную регенерацию разбавленной суспензии (полученной после отмывки магнетита от концентрата, промпродукта и отходов в магнитных сепараторах); автоматическое регулирование плотности суспензии, ее распределение и поддержание уровней в сборниках суспензии.

Соотношение объемов суспензии и обогащаемого угля в питании циклона (Ж:Т) рекомендуется для каменных углей 3:1, для антрацитов 4:1.

Стабилизация питания циклона по объему (непрерывное условие эффективного разделения материала) обеспечивается конструкцией смесителя автоматически.

Обогащение мелких углей в тяжелых суспензиях сопряжено с определенными трудностями. Это вызвано тем, что мелкий продукт разделяется менее эффективно чем крупный, а гидроциклонные установки сложнее, чем тяжелосредние сепараторы и имеют более сложную систему загрузки. Кроме того, содержат значительную долю шлама, что приводит к загрязнению суспензии и усложнению системы ее регенерации.

Циклоны с магнетитовой суспензией и приведенные выше схемы применяются при обогащении труднообогащаемых углей и переобогащении дробленого промпродукта. Целесообразность применения циклонов в каждом отдельном случае определяется технико-экономическим расчетом и сопоставлением его с технико-экономическими показателями варианта технологической схемы, предусматривающей применение отсадочных машин.

## 9.6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЯЖЕЛОСРЕДНЫХ УСТАНОВОК

**Эксплуатация сепараторов.** При подготовке сепаратора к работе необходимо проверить:

уровень масла с редукторах и наличие смазки в насосе станции смазочного устройства. Система смазки считается заполненной и подготовленной к работе при выходе смазки через лабиринтные уплотнения всех подшипниковых узлов сепаратора;

боковые зазоры между корпусом сепаратора и элеваторным колесом должны быть примерно одинаковыми с обеих сторон. В случае заметного отклонения следует отрегулировать натяжными винтами опорных катков. Так радиальный зазор между днищем и колесом в нижней точке должен составлять 30-50 мм и в месте разгрузки тяжелой фракции 20-30 мм. Этот расширяющийся зазор между колесом и ванной необходим для исключения заклинивания колеса во время работы цевочного зацепления привода элеваторного колеса. Зазор между впадиной приводной звездочки редуктора и цевками должен составлять 3-5 мм. Если зазор выходит из этого диапазона, следует переместить в нужном направлении весь привод с рамой;

работу откидных решеток ковшей элеваторного колеса. Пере-

кос и заклинивание решеток недопустимы. В случае их появления необходимо ослабить гайки крепления и установить их так, чтобы они не задевали за соседние решетки или боковину колеса и вновь затянуть гайки крепления. Откидные решетки элеваторного колеса должны свободно открываться и закрываться под действием собственной массы;

работу блокировки узлов сепаратора с механизмами подачи нагрузки на сепаратор. При остановке любого узла сепаратора механизм подачи нагрузки должен автоматически отключаться;

температуру подшипников узлов сепаратора, которая по абсолютному значению не должна быть выше 65°С.

Исходный уголь в сепаратор подается только после заполнения ванны суспензией и установления ее циркуляции. Исходный уголь должен загружаться равномерно по всей ширине ванны, так как односторонняя загрузка сепаратора снижает его производительность и ухудшает качество разделения. Обязательным условием нормальной работы тяжелосредних сепараторов является наличие транспортного и восходящего потоков суспензии. Соотношение потока примерно должно составлять: восходящего 2/3, транспортного 1/3 от общего расхода суспензии. Необходимо следить, чтобы соотношение потоков и общий объем подаваемой в сепаратор суспензии были строго постоянными. Также необходимо следить за сохранностью сита предварительного сброса суспензии.

Суспензия с порога сепаратора отводится на регенерацию периодически или непрерывно с помощью специального устройства, связанного с автоматическим регулятором плотности.

Сепараторщик должен следить за уровнем суспензии в сборнике и в случае быстрого снижения его приостановить подачу угля. При необходимости следует отключить насос, подающий рабочую суспензию, выявить неполадки и устранить их причины. При недосмотре сепараторщика сборник рабочей суспензии может полностью освободиться, насос начнет всасывать воздух, и подача суспензии в сепаратор прекратится. Поэтому сборник для приготовления суспензии всегда должен быть заполнен.

Эксплуатация циклонов. За 20-30 мин до начала пуска в сборник суспензии подается сжатый воздух и производится взмучивание суспензии.

После общего сигнала пуска включаются обезвоживающие грохоты, электромагнитные сепараторы, насосы кондиционной и некондиционной суспензии. Сепараторщик, убедившись в надежной непрерывной циркуляции и заданной плотности суспензии, путем наблюдения за показаниями манометров на циклонах, наличием суспензии на дуговых ситах и грохотах, показаниями регулятора плотности загружает смеситель углем. Не допускается подача угля в смеситель при отсутствии в его напорном отделении перелива через сливной порог, а также в том случае, если уровень суспензии в напорном отделении ниже, чем в смесителем.

Перед подачей исходного материала на обогащение уровень суспензии в смесительном отделении должен быть на 300-350 мм ниже ее уровня в напорном отделении. До подачи питания в смеситель проверяют, не зашламованы ли циклоны. В этом убеждаются по наличию потоков суспензии на дуговых ситах или на обезвоживающих грохотах установки.

О нормальной работе циклона на выпуске отходов можно судить по форме потока суспензии, поступающей в коническую часть, он должен двигаться как бы по поверхности раскрытого зонта. Для нормального разделения минеральных зерен в циклоне высота столба пульпы в смесителе должна быть постоянной. Показателем постоянства требуемого уровня пульпы является ее перелив. Поэтому необходимо строго контролировать и поддерживать необходимый уровень в смесителе. При обогащении в тяжелосреднем циклоне плотность разделения обычно превышает плотность поступающей суспензии. Она повышается при уменьшении диаметра разгрузочной насадки или увеличении диаметра сливной насадки.

Изменением диаметров разгрузочной и сливной насадок можно регулировать плотность разделения угля в циклоне. Если при работе установки в перелив смесителя пойдет обогащаемый уголь, то это может произойти по следующим причинам:

решетка смесителя забита крупным углем или инородными предметами; для устранения необходимо очистить решетку от посторонних предметов;

в напорное отделение смесителя подается недостаточный объем суспензии. Следует отрегулировать (увеличить) подачу суспензии из распределительного бака;

циклон забит обогащаемым материалом. Подтверждением того, что циклон забит, является отсутствие суспензии на выпусках концентрата и отходов. Суспензия с углем в этом случае поступает через перелив смесителя на грохот для промывки и обезвоживания концентрата. Для ликвидации этой неполадки необходимо снять нагрузку, остановить установку, выпустить пульпу из трубопровода перед циклоном и расшламовать циклон. Необходимо ежедневно следить за исправностью дуговых сит, наблюдая за их состоянием через люки на задней стенке корпуса.

В целях равномерного износа фильтрующей поверхности сит их необходимо периодически, примерно раз в месяц, поворачивать на 180°. В процессе работы установки необходимо следить за работой насосов путем наблюдения за показаниями давления на манометрах и за плотностью суспензии по показателям регулятора плотности суспензии.

Регулирование работы циклонов на ходу, как правило, не производится, так как оно может производиться только изменением нижних насадок и плотности рабочей суспензии. Диаметры нижних насадок двухпродуктовых циклонов и оптимальные соотношения диаметров насадок нижней и верхней (для породы и

концентрата) для трехпродуктового циклона подбираются в процессе наладки и регулировки тяжелосреднего циклонного комплекса. Постоянный режим работы циклона поддерживают с помощью замены нижних насадок по мере их износа, поэтому контроль за их состоянием и степенью износа должен быть постоянным.

Во время работы сепараторщик должен следить за плотностью и качеством магнитной суспензии. К основным причинам уменьшения плотности и объема суспензии, а также ухудшения ее свойств относятся:

чрезмерное поступление чистой воды через сальники суспензионных насосов (устраняется заменой износившихся сальников);

недостаточная отмывка магнетита от продуктов обогащения на грохотах;

утечки суспензии через сальники насосов, в местах соединения трубопроводов, через отверстия в желобах, трубопроводах и аппаратах, вызванные износом, а также случайные переливы и выпуски;

плохая классификация угля перед обогащением может быть обусловлена повышенной удельной подачей на классификационные грохоты, высокой влажностью и содержанием мелких классов в рядовом угле; недостаточным объемом оборотной воды, подаваемой на грохоты мокрой классификации и обесшламливанию, а также при высоком содержании твердой фазы в этой воде.

Плотность кондиционной суспензии увеличивается при добавлении свежеприготовленной суспензии большей плотности или при отводе ее на регенерацию в больших объемах, если уровень в сборнике над всасом насоса не менее 1 м. Уменьшить плотность суспензии можно подачей воды в сборник рабочей суспензии. Объем суспензии должен быть таков, чтобы оставался некоторый запас для восполнения технологических потерь за определенное время работы, например за две смены или за сутки.

По истечении этого времени дозируют свежеприготовленную суспензию и полностью восполняют технологические потери. Остановка производится в следующей последовательности:

прекращается подача оборотной воды на брызгальные устройства грохотов подготовительной классификации и грохоты для обесшламливанию машинного класса;

останавливаются грохоты подготовительной классификации и обесшламливанию машинного класса;

включаются насосы, подающие кондиционную суспензию в систему циркуляции и некондиционную суспензию на электромагнитные сепараторы, при этом сепараторщик прекращает подачу воды к сальникам насосов.

Эксплуатация электромагнитных сепараторов. Перед пуском электромагнитного сепаратора необходимо:

проверить наличие смазки в редукторе и подшипниковых узлах барабана;

проверить заполнение электромагнитного барабана маслом; проверить болты крепления крышек к кожуху барабана, болтовые крепления редуктора, электродвигателя;

убедиться в отсутствии посторонних предметов в ванне сепаратора, в разгрузочных насадках, на барабане, приводе и в желобах, отводящих продукты регенерации;

проверить состояние футеровки в приемной камере, резиновых полос на скребках, ограждений, рабочей поверхности барабана, заземлений, натяжение клиноременных передач.

Пуск сепаратора производится в следующем порядке: включается электродвигатель привода электромагнитного сепаратора, затем включается питание катушек электромагнитной системы; при наличии магнитного поля на поверхности барабана производится подача пульпы в сепаратор;

без подачи пульпы электромагнитная система может оставаться включенной не более 5 мин во избежание перегрева;

производительность сепаратора по отходам регулируется сменными насадками диаметром 25, 30, 35 и 40 мм пропускной способностью от 5 до 13,3 м<sup>3</sup>/ч на одну насадку; и может быть уменьшена путем установки резиновых заглушек вместо насадок.

Во время работы электромагнитных сепараторов необходимо следить за наличием магнитного поля на поверхности барабана и масла в барабане и за отсутствием утечки масла из подшипниковых узлов барабана, маслоблока и маслопровода. Наличие масла в барабане контролируется через смотровое окно маслобака. Утечки масла из маслопровода и маслобака необходимо устранять. При попадании в сепаратор с суспензией крупных пусков угля, породы и других посторонних предметов (дерево, ветошь и т.д.) возможны случаи забивки шламом приемной камеры, ванны и хвостовых насадок, которые могут вызвать нарушение режима работы сепаратора. Хвостовые насадки можно очищать при работающем сепараторе. Для этого необходимо приподнять рычаг со стороны груза, отвести обойму от ванны и прочистить насадку. Очищать ванну можно только при выключенном сепараторе через люки, имеющиеся на торцевых стенках ванны. Для очистки премной камеры необходимо прекратить подачу угля в сепаратор и освободить ее от шлама. Пуск и остановка барабана сепаратора под нагрузкой не допускаются во избежание запрессовки зазоров и щелей магнитным материалом. При значительной перегрузке или попадании посторонних предметов барабан сепаратора может заклинить.

Для нормальной работы сепаратора уровень суспензии в ванне должен поддерживаться выше сливного порога на 50-60 мм.

Эксплуатация грохотов. Для отделения рабочей суспензии, отмывки магнетита от продуктов обогащения с целью его улавливания, возврата в процесс и последующего обезвоживания продуктов обогащения на тяжелосредних установках применяются в основном самобалансные грохоты ГИСЛ и ГИСТ. Перед пуском грохота необходимо проверить:

наличие смазки в вибраторах;  
исправность и надежность крепления сит;  
наличие и правильность натяжения ремней или исправность эластичных муфт;  
наличие и исправность ограждений вращающихся частей;  
исправность и чистоту ополаскивающих устройств;  
отсутствие заеданий в вибраторе при проворачивании его вручную. Вал при этом должен качаться свободно, без заеданий, дебалансы должны возвращаться в исходное положение.

Пуск и остановка грохота производятся только вхолостую после полной очистки сит. Загружать грохоты материалом необходимо равномерно по ширине короба и таким образом, чтобы в загрузочной части короба не накапливался подаваемый материал.

Толщину слоя материала на сите следует регулировать и устанавливать в зависимости от требуемой производительности и эффективности ополаскивания и обезвоживания продуктов обогащения. Необходимо периодически, в течение смены, контролировать равномерность шума, возникающего при работе грохота; следить за креплением сит и наличием смазки в вибраторах; не менее одного раза в смену проверять состояние пружин и опор; периодически контролировать температуру нагрева подшипников вибратора. В течение первых двух часов работы грохота она может повышаться, после чего должна быть постоянной и не превышать температуру окружающей среды более чем на 40-45° С; отрегулировать подачу воды в ополаскивающие устройства и постоянно следить за их работой, чтобы обеспечить более полное ополаскивание продуктов обогащения.

Эксплуатация суспензионных насосов. На показатели работы насоса в значительной степени влияет вязкость подаваемой суспензии. Подача, давление и КПД при увеличении вязкости суспензии уменьшаются, а потребляемая мощность возрастает.

Перед пуском насоса необходимо провернуть рабочее колесо вручную или легким толчком электродвигателя, чтобы убедиться, что рабочая камера не забита осевшим материалом. Если ротор вручную не проворачивается, необходимо промыть рабочую камеру водой. Если и после промывки ротор не проворачивается, необходимо разобрать насос и очистить его от инородных предметов. Убедившись в исправности насоса, включают электродвигатель, закрывают подачу воздуха в сборник суспензии и открывают задвижку на всасывающем трубопроводе. На нагнетательном трубопроводе задвижка должна быть закрыта (пуск насоса при открытой задвижке вызывает перегрузку двигателя). В кольцо гидравлического уплотнения подается вода. По объему воды, вытекающей из сальника, проверяется его исправность. После пуска насоса слегка приоткрывают задвижку на нагнетательном трубопроводе и проверяют, не греются ли подшипник и сальник. После этого медленным открытием задвижки выводят насос на рабочий режим, наблюдая за показа-

ниями манометра и амперметра. Повышение давления сверх нормы указывает, что забита нагнетательная линия или перекрыта запорная арматура на ней.

Уровень суспензии в сборнике при работе насоса необходимо поддерживать над осью насоса не ниже 0,5 м, в противном случае насос будет подсасывать воздух и работать толчками.

Во время работы насоса необходимо следить за:

показателями контрольно-измерительных приборов;  
температурой масла и нагревом подшипников, температура которых не должна превышать 60° С;  
работой сальниковых уплотнителей, которые должны быть холодными или чуть теплыми;  
нагревом электродвигателя насоса (при чрезмерном нагреве электродвигатель останавливается).

При нормальной эксплуатации насос работает без стука, вибраций и нагрева. В случае нагрева частей насоса (подшипники, сальник) или возникновения вибраций, а также изменений звука работающего электродвигателя необходимо выяснить причины ненормальной работы, насос необходимо остановить и включить в работу резервный. Оперативная регулировка производительности насоса осуществляется задвижками на нагнетательном трубопроводе. Перед остановкой насоса закрывают задвижку на нагнетательном трубопроводе, выключают электродвигатель, прекращают подачу воды в кольцо гидравлического уплотнения и закрывают задвижку на всасе. После этого открывается задвижка на нагнетательном трубопроводе и из насоса и нагнетательного трубопровода выпускается суспензия, а также промывная вода, которые направляют в зумпф для последующего возврата в сборник некондиционной суспензии.

Пуск тяжелосредних установок. Пуск тяжелосредних установок осуществляется дистанционно из диспетчерского пункта или из пульта управления сепараторщика. Насосы для рабочей и разбавленной суспензий, как правило, пускают непосредственно с мест их установки. Пуску подлежат только проверенные, исправные механизмы. Пуск механизмов производится в следующем порядке:

производится пуск аппаратов водно-шламового хозяйства;  
последовательно включаются приводы ленточных конвейеров, отводящих продукты обогащения, промывочно-обезвоживающих грохотов, элеваторного колеса и гребкового устройства тяжелосреднего сепаратора;

закрывается подача сжатого воздуха в сборники кондиционной суспензии и пускается насос кондиционной суспензии;  
включаются приводы барабанов электромагнитных сепараторов;

дросселируется питание электромагнитных сепараторов при помощи задвижки таким образом, чтобы сепаратор работал с переливом на пороге высотой 50-60 мм. После того, как все механизмы установки пущены в ход и через тяжелосредний се-



паратор обеспечен непрерывный поток суспензии с переливом на порог 30-35 мм, в сепаратор подается уголь.

**Остановка тяжелосредних установок.** Выключение машин и механизмов производится в порядке, обратном пуску, т.е. с прекращения подачи рядового угля из бункера. При остановке механизмов транспортной цепочки для подачи рядового угля соблюдаются определенные интервалы времени до полной выработки угля из машин. После прекращения подачи рядового угля необходимо, чтобы установка проработала 5-10 мин для выработки (удаления) оставшихся в аппаратах продуктов обогащения, шлама и рабочей суспензии. Остановка механизмов производится в следующем порядке:

останавливается транспортная цепочка механизмов, подающих уголь на классификационные грохоты;

прекращается подача оборотной воды на брызгала грохотов подготовительной классификации и грохоты обесшламливании машинного класса;

вырабатываются продукты обогащения из тяжелосредних аппаратов;

останавливается насос кондиционной суспензии, выпускается суспензия из ванны сепаратора через выпускные устройства в сборник. Закрывается задвижка на всасывающем трубопроводе и выпускается суспензия из нагнетательного трубопровода в сборник случайных переливов;

промывается насос;

включается авторегулятор плотности суспензии;

останавливаются приводы элеваторного колеса и гребкового устройства;

вырабатывается разбавленная суспензия из сборника некондиционной суспензии через электромагнитные сепараторы, останавливается насос некондиционной суспензии. Закрывается задвижка на всасе и выпускается суспензия из нагнетательного трубопровода;

прекращается подача воды к сальникам насосов;

останавливаются электромагнитные сепараторы;

останавливаются грохоты для промывки и обезвоживания продуктов обогащения и ленточные конвейеры, транспортирующие продукты обогащения на погрузку и в отвал.

После остановки машин и механизмов тяжелосредней установки сточные воды и выпуски из всасов насосов, собранные в сборнике случайных переливов, подаются в сборник некондиционной суспензии. Производится чистка сит классификационных и обезвоживающих грохотов, промываются тяжелосредние и электромагнитные сепараторы.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На каком принципе основан процесс обогащения в минеральных суспензиях?

2. Каким требованиям должен отвечать утяжелитель?

3. Как устроены и работают сепараторы?

4. Что входит в комплекс оборудования для обогащения угля в минеральных суспензиях?

5. Из каких операций состоит схема обогащения в магнетитовой суспензии?

6. Каким требованиям должны отвечать операции подготовки к обогащению в минеральных суспензиях?

7. Каковы основные правила обслуживания сепараторов, циклонов, электромагнитных сепараторов.

## Глава 10

### ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЕЙ В ПРОТИВОТОЧНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ АППАРАТАХ

#### 10.1. СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ПРОТИВОТОЧНОЙ СЕПАРАЦИИ

Наряду с применяемым гравитационным обогатительным оборудованием в угольной промышленности получают распространение обогатительные аппараты, в которых использованы новые принципы избирательного разделения материала по плотности. Появление такого оборудования связано с ухудшением качества добываемых углей и необходимостью обогащения разубожженной горной массы и углесодержащих отвальных пород.

В крутонаклонных сепараторах КНС реализуются общие принципы противоточного обогащения, заключающиеся в повышении эффективности разделения за счет рециркуляции определенной части материала в рабочей зоне. Образовавшиеся в процессе сепарации встречные транспортные потоки продуктов разделения движутся в рабочей зоне, встречая гидродинамическое сопротивление их относительному перемещению. При этом поток легких фракций является попутным потоку разделительной среды, а поток тяжелых фракций - встречным.

#### 10.2. ОБОРУДОВАНИЕ, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Рассматриваемая технология основана на использовании в качестве основного обогатительного оборудования противоточных крутонаклонных сепараторов типа КНС. Корпус крутонаклонного сепаратора представляет собой короб 3 прямоугольного сечения, наклоненный к горизонту под углом 46-54° (рис. 10.1). В средней части корпуса имеется загрузочный желоб 5 для подачи в аппарат исходного сырья. На верхней крышке каждого из отделений сепаратора укреплены винтовые

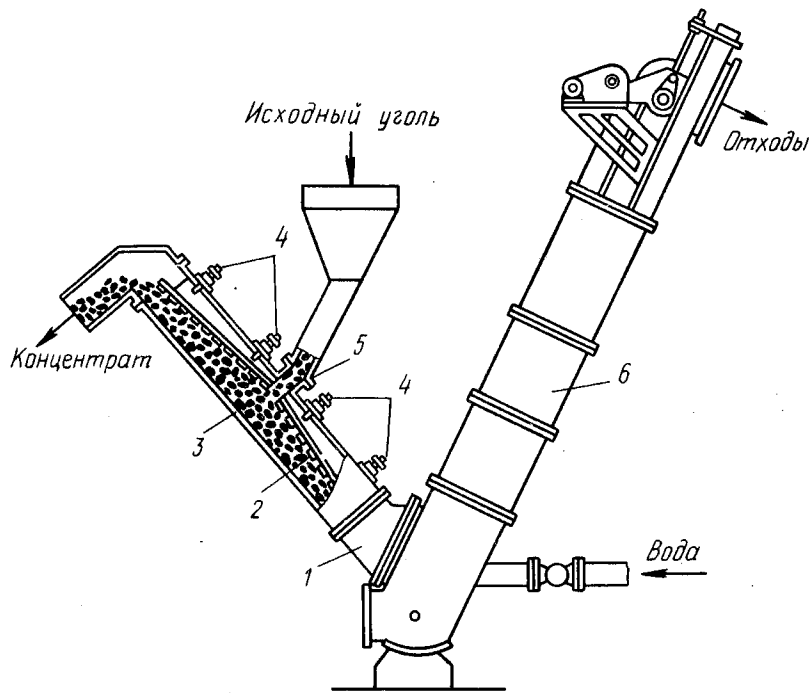


Рис. 10.1. Крутонаклонный сепаратор КНС

регуляторы 4, поддерживающие внутри рабочего канала две специальные деки 2 с поперечными перегородками.

Положение деки, фиксируемое винтовыми регуляторами, обеспечивает необходимое сечение канала в породном (нижнем) и концентратном (верхнем) отделениях сепаратора. Кроме того, перегородки на деках увеличивают сопротивление потоку в верхней и нижней частях канала и создают в нем переменное по длине и ширине поле скоростей потока, что обеспечивает благоприятные условия для разделения угля и породы в рабочей зоне.

Следовательно, положение дек, размеры и форма перегородок на них создают определенный гидродинамический режим в породном и концентратном отделениях сепаратора. Деки соединены с крышкой сепаратора резиновыми манжетами, препятствующими попаданию крупных частиц исходного материала и потока разделительной среды в промежуточное пространство между деками и крышкой.

В нижних частях концентратного и породного отделений на боковых стенках имеются люки, через которые периодически промываются полости над деками. Нижняя часть с помощью фланца и переходного желоба 1 соединяется с обезвоживающим

элеватором 6 для удаления отходов, а верхняя - снабжена течкой для разгрузки концентрата. В нижнюю часть элеватора, через башмак, подается в рабочий канал вода. Расход поступающей воды определяет скорость потока разделительной среды в рабочем пространстве сепаратора, являясь оперативным параметром регулирования процесса разделения.

Угол наклона канала определяет уровень разрыхленности материала в рабочей зоне. При обогащении крупных классов и углей, классифицированных по узкой шкале, угол должен быть большим, чем при обогащении неклассифицированных и необесшамленных углей. Для каждого конкретного объекта угол наклона канала должен выбираться перед монтажом.

Модернизация сепараторов КНС проводится постоянно. Продолжается внедрение новых крутонаклонных сепараторов комбинированного типа для обогащения мелких классов углей и крупнозернистых шламов.

### 10.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, СХЕМЫ И РЕЖИМЫ ПРОТИВОТОЧНОЙ СЕПАРАЦИИ

Технология, основанная на использовании в качестве основного обогатительного оборудования противоточных крутонаклонных сепараторов типа КНС, обеспечивающих эффективное обогащение горной массы с зольностью от 40 до 75%, находит все более широкое применение в угольной промышленности. Типоразмерный ряд сепараторов усовершенствованной конструкции изготавливается экспериментальной базой института ИОТТ на Жилевской ОПОФ.

Технические характеристики крутонаклонных сепараторов

Типоразмер . . . . .	КНС-88А	КНС-108А	КНС-138	АКНС-168А
Производительность по исходному сырью, т/ч . . . . .	160	200	300	400
Расход воды, м <sup>3</sup> /т . . . . .	3,5-5	3,5-5	3,5-5	3,5-5
Максимальный размер куска, мм . . . . .	0-100	0-150	0-150	0-200
Габариты канала, мм:				
длина . . . . .	5470	5470	5470	5470
ширина . . . . .	800	1000	1300	1600
высота . . . . .	800	800	800	800
Масса, кг . . . . .	3800	4200	4600	5300

Небольшие размеры сепараторов КНС позволяют создать малогабаритные технологические схемы, отличающиеся простотой компоновочных решений и легкостью привязки в любых горно-геологических условиях. Компактные обогатительные установки на основе сепаратора КНС можно монтировать на действующих предприятиях даже в условиях стесненных рабочих площадей. Сепараторы КНС могут перерабатывать материал как в классифицированном, так и в неклассифицированном виде, при этом

может быть использована оборотная вода с содержанием твердого до 250 кг/м<sup>3</sup>.

В зависимости от состава исходного сырья и требований потребителя используются технологические схемы:

одностадийное обогащение неклассифицированной горной массы крупностью 0-150 мм рекомендуется для обогащения углей легкой, средней и трудной обогатимости с целью получения энергетического топлива;

двухстадийное обогащение неклассифицированной горной массы крупностью 0-150 мм рекомендуется для обогащения углей трудной и очень трудной обогатимости с большим содержанием промежуточных фракций плотностью 1400-1800 кг/м<sup>3</sup> с получением концентрата, отходов и промежуточного продукта;

одностадийное обогащение горной массы крупностью 25-150 мм, рекомендуется для механизированной выборки породы из крупных классов угля.

Технологическая схема установок для механизированной породовыборки с сепараторами КНС следующая. Горная масса поступает на грохот для выделения класса более 150 мм, который затем дроблится до 150 мм и возвращается в процесс. Прошедший через грохот уголь разделяется на классы менее 25 и 25-150 мм. Уголь класса 25-150 мм поступает в крутонаклонный сепаратор, где разделяется на концентрат и отходы. Отходы разгружаются в нижней части сепаратора и выделяются из процесса с помощью обезвоживающего элеватора. Концентрат вместе с потоком воды выносятся из сепаратора и поступает на сито предварительного сброса, а затем на обезвоживающий грохот. Обезвоженный концентрат транспортируется на склад угля или в бункер, откуда грузится вместе с отсевом.

Шламовые воды из-под сита предварительного сброса и концентратного грохота собираются в зумпф шламовых вод и насосами подаются для осветления в гидроциклоны. Сгущенный шлам гидроциклонов поступает на грохот, а слив в напорный бак. Из бака вода направляется в технологический процесс и частично в наружный шламовый отстойник. Осветленная вода из отстойника снова возвращается в процесс. Данная схема приемлема в том случае, когда обогащение класса более 25 мм обеспечивает необходимое снижение зольности отгружаемой горной массы, т.е. после смешивания отсева с полученным крупным концентратом, зольность товарной продукции не превышает допустимую.

#### 10.4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТАНОВОК,

#### ОБОРУДОВАННЫХ КРУТОНАКЛОННЫМИ СЕПАРАТОРАМИ

Исходный уголь непрерывно подается по загрузочному желобу в центральную часть канала сепаратора. Одновременно в нижнюю часть через башмак подается вода. Тяжелые фракции выпадают в придонный слой, движущийся навстречу потоку воды. Легкие компоненты выносятся потоком вверх через сливной порог сепаратора. При нормальном течении процесса и непрерывной подаче угля в сепараторе существуют два потока материала - нисходящий и восходящий.

Нисходящий поток материала, несущий тяжелые частицы, периодически разрушается в зонах перегородок, выделяя легкие частицы в зону восходящего. Процесс разделения крупных классов угля происходит при скоростях рабочей среды в пределах 0,5-0,7 м/с. При этом процесс отделения породы осуществляется в режиме монослоя в рабочей зоне сепаратора, когда разделяемый материал приводится в колебательное движение за счет переменной по длине канала вертикальной составляющей восходящего потока.

В сепараторе типа КНС для мелкого угля разделение по плотности осуществляется по всему объему рабочего пространства канала. При поступлении в рабочую зону исходного материала вихревые ячейки заполняются частицами и во всем объеме сепаратора устанавливается режим разделения, при котором поступающие в ячейку новые частицы вытесняют из нее наиболее легкие и тяжелые. Легкие частицы выносятся в следующую по потоку ячейку, тяжелые опускаются в предыдущую.

Промышленная эксплуатация крутонаклонных сепараторов показала, что на имеющихся конструкциях аппаратов не всегда можно добиться минимального уровня засорения конечных продуктов обогащения. Значительные колебания подачи исходного питания требуют повышенного внимания обслуживающего персонала.

Основные элементы сепаратора КНС - подвижные деки с набором перегородок, ограничивающих сечение канала. Перегородки на деках создают переменное поле скоростей раздельной среды по длине канала сепаратора. Пульсации скорости способствуют поддержанию условий обмена между встречными транспортными потоками разделенных материалов. Первичное разделение осуществляется в концентратной зоне сепаратора, куда исходный материал поступает за счет несущей скорости восходящего потока. В породной части сепаратора, где содержание тяжелых фракций больше чем в концентратной, происходит их скопление у места разгрузки. В концентратной части, менее загруженной материалом, вихри, создавая излишнее перемешивание, могут затягивать вынос легких частиц, поэтому в КНС легче получить чистые отходы, чем чистый концентрат. Как

показала практика, эффективный режим работы крутонаклонного сепаратора обеспечивается при соотношении зазоров в концентратной и породных зонах 1,5:1.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные принципы противоточной гравитационной сепарации.
2. Каковы технологические и конструктивные особенности КНС?
3. Область применения крутонаклонных сепараторов.

## Глава 11

### ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЕЙ В ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРАХ

#### 11.1. ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ ОБОГАЩЕНИЕ

Пневматический метод обогащения основан на принципе разделения полезных ископаемых по плотности в восходящей или пульсирующей струе воздуха. В угольной промышленности он применяется для обогащения каменных и бурых углей, когда не требуется значительного снижения зольности. Применение пневматического метода обогащения целесообразно в суровых климатических условиях северных и восточных районов страны, в районах, где ощущается недостаток воды, а также для обогащения полезных ископаемых, содержащих легкоразмокаемую породу.

Принцип действия воздушной струи на разделяемые минералы практически не отличается от действия струи воды, поэтому если пренебречь сжимаемостью воздуха, то закономерности движения зерен в жидких средах могут быть использованы при изучении закономерностей пневматического разделения. Воздушная струя оказывает незначительное сопротивление движению зерен по сравнению с водой. Коэффициент равнопадаемости для случая движения зерен в воздушной среде в 2,5 раза меньше, чем при движении в воде, что является одной из причин пониженной эффективности разделения зерен при пневматическом обогащении по сравнению с эффективностью гидравлического обогащения. Поэтому пневматическое обогащение требует более узкой шкалы классификации перед обогащением, чем гидравлическое.

Пневматическое обогащение происходит следующим образом. На слой обогащаемого материала, находящегося на наклонном перфорированном решете, воздействуют непрерывной или пульсирующей подрешетной струей воздуха, нагнетаемого вентилятором. Для обеспечения нормальной работы аппаратов пнев-

матического обогащения необходимо давление воздуха не менее 50-80 Па на каждый сантиметр толщины постели, а давление, развиваемое вентилятором, должно быть в 1,5-2 раза больше указанной величины.

По высоте постели снизу верх воздушный поток теряет напор, поэтому удержание постели во взвешенном состоянии требует определенной скорости восходящего потока воздуха, при этом более тяжелые зерна погружаются в нижние слои постели, а более легкие переходят в верхние слои. Повышенное динамическое давление воздуха приводит к нарушению структуры постели и снижению эффективности процесса. При обогащении узкокласифицированного материала требуется большой расход воздуха, чем при обогащении ширококласифицированного.

Пневматическое обогащение очень чувствительно к влажности материала. Содержание внешней влаги каменных углей не должно превышать 8%, а бурых - 15%. Обогащение производится в пневматических сепараторах и пневматических отсадочных машинах.

Сепараторы применяются для обогащения классов 6-50 мм. Они имеют одну или две качающиеся деки, через перфорированные сита которых проходит непрерывно восходящая или пульсирующая струя воздуха. Расслаиваемый материал перемещается веером по деке и разгружается в соответствующие приемники.

Отсадочные машины применяются для обогащения мелкого угля крупностью менее 6 (13) мм. Они выполнены с неподвижной декой, через решето и искусственную постель которой проходит пульсирующая воздушная струя. Расслаиваемый материал перемещается в одном направлении и разгружается послойно.

#### 11.2. ОБОРУДОВАНИЕ, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Разделение угля и породы на пневматических сепараторах осуществляется на наклонных качающихся деках прямоугольной формы с перфорированной рабочей поверхностью, через отверстия которой продувается воздух. Технологический вентилятор подает воздух под деку сепаратора через воздуховод, разделенный в верхней части на патрубки и диффузоры. Число патрубков и диффузоров соответствует числу воздушных полей. Запыленный воздух удаляется через зонт. Дека устанавливается под углом к горизонтальной плоскости с наклоном в поперечном и продольном направлениях.

На деке сепаратора расположены направляющие под углом 7-11° к его продольной оси. Высота направляющих неодинаковая, наибольшая - в зоне разгрузки концентрата. Постепенно она уменьшается как в продольном, так и поперечном направлениях и становится минимальной в зоне выгрузки отходов.

Материал из загрузочного устройства поступает на деку

сепаратора, где с помощью питателя распределяется, образуя постель. Дека установлена на наклонных опорах и совершает возвратно-поступательные движения (качания). При качаниях деки постель подбрасывается вверх в направлении, перпендикулярном плоскости опор. В результате подбрасывания и одновременного воздействия потока воздуха материал на деке разрыхляется и приобретает "текучесть". Подачу воздуха регулируют таким образом, чтобы под его воздействием более легкие угольные частицы "всплывали" на поверхность, а более тяжелые породные частицы оседали в низ постели. В верхнем слое собираются легкие частицы, в нижнем - тяжелые породные, а в среднем - промежуточные по плотности промпродуктовые частицы.

Пневматический сепаратор УШ-3 представляет собой короб с двумя полудеками, получающими возвратно-поступательное движение от приводного механизма. На полудеках, покрытых рашпильными ситами с отверстиями треугольной формы размером 3 мм, укреплены рифли (направляющие), расположенные под углом к оси сепаратора. Каждая из полудек имеет поперечный наклон, что придает ей крышеобразную форму. Поперечный и продольный наклоны полудек регулируются. Каждая полудека разделена на три поля, под которыми смонтированы воздушные коробки, соединенные через диффузоры гибкими прорезиненными трубами с патрубками воздуховода.

Подача воздуха от вентилятора регулируется дроссельными заслонками. Уголь через загрузочное устройство подается на нижнюю зону деки сепаратора. Под действием непрерывной воздушной струи и качательного движения деки он расслаивается по плотности и крупности. Зерна угля, занимая верхние слои постели, скатываются через рифли в поперечном направлении деки и разгружаются вдоль бортов полудек. Порода осаждается в желобках между рифлями и перемещается под действием качательного движения короба по направлению вверх к середине деки, до отбойного бруса, а затем вдоль него к приемному желобу. Образуется веер продуктов обогащения. С деки сепаратора кроме концентрата и отходов разгружается также промпродукт, состоящий из частиц промежуточной плотности, а также смеси легких (угольных) и тяжелых (породных) частиц, которые не успели разделиться. Промпродукт обычно возвращается на повторное обогащение.

Пневматический сепаратор СП-12 (рис. 11.1) разработан для обогащения бурых и каменных углей легкой и средней категории обогатимости машинными классами 0-75 и 13-75 мм. Основным рабочим органом сепаратора является короб 8, на деке которого в воздушной струе осуществляется расслоение (обогащение) исходного угля. С одной стороны короб шарнирно закреплен на раме 12, а с другой - опирается на раму при помощи трех стопорных механизмов 10. Наклон короба, а вместе с ним и рабочей поверхности в поперечном направлении регули-

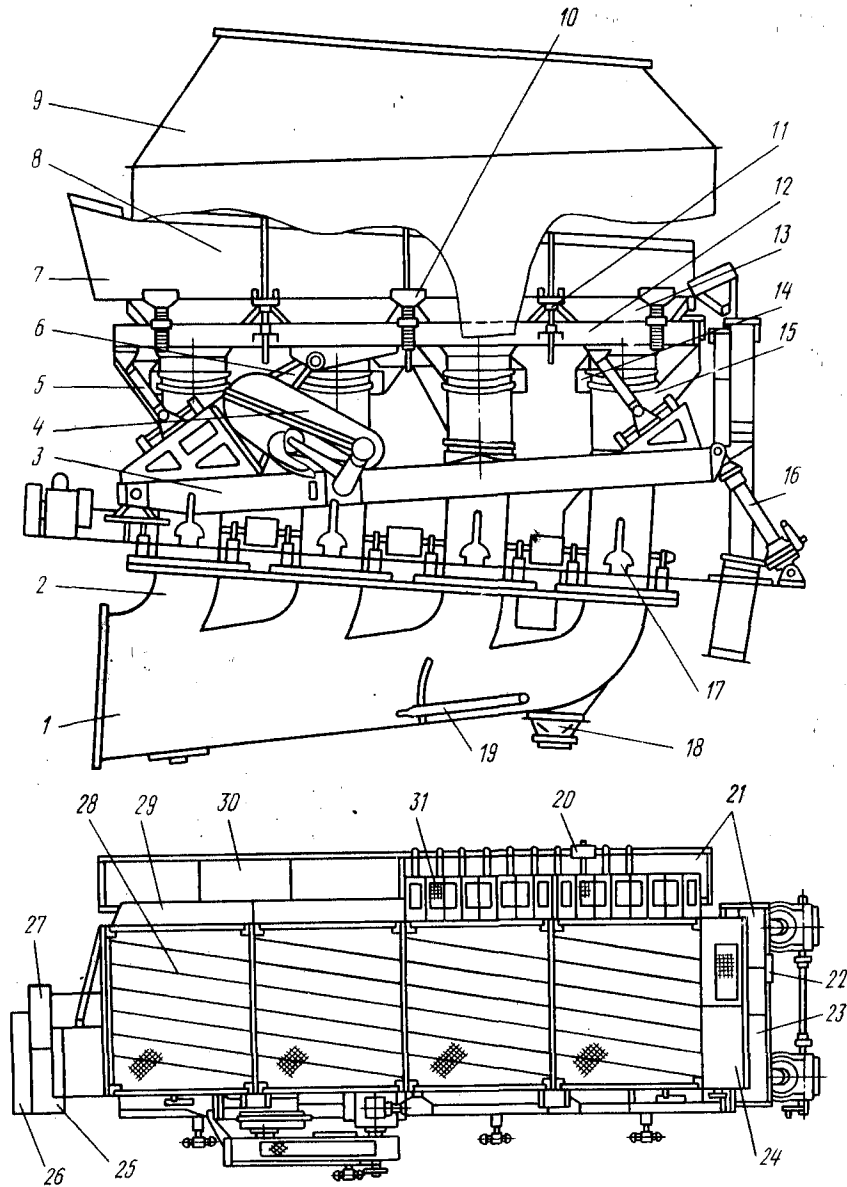


Рис. 11.1. Пневматический сепаратор СП-12

руется двумя винтовыми механизмами 11. Рама короба установлена на поворотной раме 3, на двух передних и двух задних опорах 5. Опоры выполнены в виде качающихся стоек с резиновыми блок-шарнирами. Верхний конец стойки резиновым блок-шарниром соединен с проушинами, приваренными к раме короба снизу. Нижний конец стойки блок-шарниром опирается на ползун, который с помощью винта может перемещаться вверх или вниз.

Для синхронного перемещения двух парных опор вращение на их винты передается через конические шестерни от одного общего соединительного вала. Механизм для изменения угла наклона опор установлен на кронштейне, приваренном к поворотной раме.

Под поворотной рамой сепаратора расположен воздуховод 1, предназначенный для подачи под деку сепаратора потока воздуха. Воздуховод заканчивается четырьмя патрубками 2. Короб сепаратора внутри по длине разделен на четыре поля, под которые через индивидуальные диффузоры 13 поступает воздух из общего воздуховода. Диффузоры качающегося короба соединены с неподвижными патрубками воздуховода гибкими прорезиненными рукавами 15. Каждый диффузор с помощью перегородок разделен по ширине на четыре отсека. В отсеках установлены воздушные заслонки с рукоятками 14 для регулирования подачи воздуха по ширине поля. Над перегородками расположена рабочая поверхность из резиновых или металлических рашпильных сит с отверстиями размером 4-10 мм.

Сверху сита накрывают дековыми рамками-полями с приваренными к ним направляющими 28, которые обеспечивают направленное движение нижнего слоя постели обогащаемого материала. Дековые рамки прикрепляют к коробу четырьмя болтами, при затяжке которых рамки зажимают резиновые или металлические сита.

Дека сепаратора ограничена с одной боковой стороны и с торца боковым 29 и торцевым 24 порогами, а с противоположных сторон - бортами. С помощью выдвигаемых порогов 29 и 24 регулируют высоту постели на рабочей поверхности. Боковые и торцевые пороги снабжены ситами 31. Наклон рабочей поверхности в продольном направлении изменяется двумя винтовыми подъемными механизмами 16, на которые опирается поворотная рама 3.

Возвратно-поступательное движение рамы короба обеспечивает эксцентриковый механизм 4, установленный на поворотной раме вместе с электродвигателем и вариатором. Вращение от электродвигателя через вариатор передается клиноременной передачей на приводной шкив эксцентрико-шатунного механизма, вал которого связан с рамой короба шатунами 6. Для уравнивания качающегося короба на валах предусмотрены противовесы. Исходный материал поступает на деку сепаратора по загрузочному лотку 7. Под действием встряхиваний и восхо-

дящего пульсирующего потока воздуха материал разрыхляется, расслаивается по плотности. Для разделения сходящего с деки материала на концентрат, промпродукт и отходы предусмотрены подвижные разделительные ножи 20 и 22 и воронки 30, 21 и 23. Воздух от технологического вентилятора поступает под деку через воздуховод 1 и четыре патрубка, внутри которых установлены по три воздушные заслонки, связанные между собой шарнирными тягами. Заслонками можно регулировать или полностью перекрывать внутреннее сечение патрубка с помощью рукоятки 17. В патрубках воздуховода над воздушными заслонками размещены индивидуальные лопастные пульсаторы в виде одной плоской лопасти, по одному на каждое поле сепаратора. Валы всех четырех пульсаторов соединены между собой полумуфтами, что позволяет изменять положение их лопастей независимо друг от друга. Лопасти пульсаторов рекомендуется устанавливать со сдвигом на 45°, при этом патрубки под полями перекрываются поочередно и расход технологического воздуха сокращается на 25%. Вращение пульсаторов обеспечивается специальным электродвигателем 25, клиноременным вариатором 26 и редуктором 27. Снизу под воздуховодом расположен клапан 18 с рукояткой 19 для выпуска накопившейся в воздуховоде просыпи угля. Для отсасывания запыленного воздуха над декой сепаратора монтируется вытяжной зонт 9, пространство между зонтом и декой со всех сторон закрывается брезентовым полотном.

Автоматизированный пневматический сепаратор СП-12А (рис. 11.2) отличается от сепаратора СП-12 наличием системы автоматического регулирования процесса обогащения САРП-1, централизованной смазки 3, шнекового разгрузчика просыпи 1 с приводом 2, металлического кожуха 5 для герметизации надшнекового пространства. Для изменения частоты колебаний короба вместо механического варианта применен теристорный преобразователь частоты тока типа ЭКТ 63/380, с помощью которого изменяют частоту вращения электродвигателя привода сепаратора. Сепаратор СП-12А укомплектован спиральным пылеуловителем с прямоточными концентраторами 4.

Система автоматического регулирования САРП-1 предназначена для стабилизации процесса обогащения на деке сепаратора. Система работает следующим образом. Аппаратчик при отключенной системе регулирования подбирает и устанавливает оптимальный на данный момент технологический режим обогащения, а затем включает САРП-1, которая автоматически поддерживает заданный режим. При увеличении в питании содержания породных фракций повышается толщина постели на деке сепаратора и соответственно возрастает статическое давление под третьим полем деки. Сигнал от дифференциального манометра, контролирующего это давление, поступает на регулятор частоты качания деки, в результате частота увеличивается и разгрузка породных фракций ускоряется. Одновременно увеличение частоты качания деки по каналам отрицательной оборот-

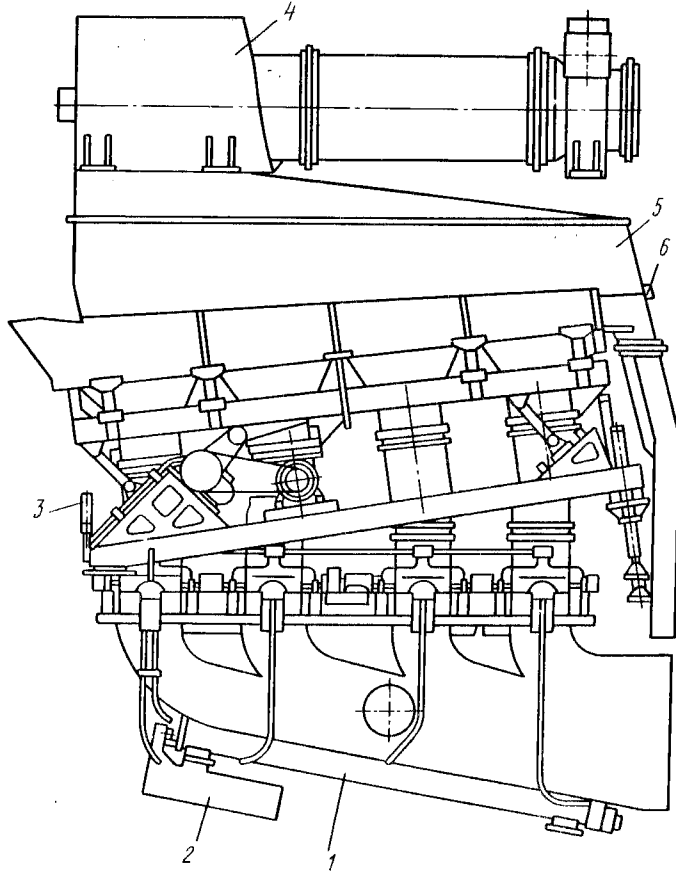


Рис. 11.2. Автоматизированный пневматический сепаратор СП-12А

ной связи воздействует на регулятор производительности сепаратора, который уменьшает подачу питателя. Ускорение разгрузки породных фракций с одновременным снижением производительности питателя обуславливает утоньшение породной постели на деке сепаратора, уменьшение ее сопротивления и, таким образом, обеспечивает заданное значение давления воздуха под третьим полем деки. Увеличение в питании содержания мелочи (0-13 мм) обуславливает повышение статического давления воздуха под первым полем деки. При этом на вход канала регулирования подается сигнал на уменьшение производительности питателя до тех пор, пока статическое давление под первым полем не достигнет заданного значения.

Одновременно на вход канала регулирования частоты качаний

поступает сигнал, под действием которого уменьшается частота качания деки сепаратора, а следовательно, и скорость разгрузки породных фракций, чем обеспечивается стабилизация заданной плотности постели на третьем поле деки. Если одновременно изменяется содержание породных фракций и мелочи в питании, то система регулирования поддерживает установленный аппаратчиком режим работы сепаратора, исходя из заданных значений контролируемых параметров (давление воздуха под первым и третьим полем сепаратора). Задача системы регулирования в этом случае заключается в стабилизации заданных значений управляющих воздействий (производительность сепаратора и частота качаний деки).

Управление работой сепаратора осуществляется через электродвигатель привода сепаратора и качающийся питатель. В процессе регулирования меняется скорость вращения вала электродвигателя привода, управляемого преобразователем частоты тока. Производительность питателя, регулируется специальным исполнительным механизмом, по величине открытия секторного затвора.

Пневматический сепаратор СП-6 предназначен для обогащения бурых и каменных углей крупностью 0-50 мм. Основной узел сепаратора - рабочий короб, который, с одной стороны, крепится к раме короба стопорными устройствами, а с другой - соединен с ней шарнирно. Рама короба установлена на четырех качающихся опорах, смонтированных на поворотной раме. Поворотная рама нижним концом опирается на два опорных кронштейна, а верхним на винтовой подъемный механизм, с помощью которого изменяется угол продольного наклона короба.

Рама короба и рабочий короб приводятся в возвратно-поступательное движение от эксцентрико-шатунного приводного механизма, установленного на поворотной раме. Приводной механизм клиноремной передачей связан с электродвигателем через вариатор, насаженный на вал электродвигателя.

Поверхность рабочего короба выполнена в виде деки, которая делится на три поля и имеет три диффузора, соединенных прорезиненными рукавами с тремя патрубками воздухопровода. Диффузоры внутри разделены перегородками на четыре отсека. В каждом отсеке имеются воздушные регулируемые заслонки.

К деке шарнирно прикреплена породоперемывочная площадка с индивидуальным диффузором и воздушными регулируемыми заслонками. Воздух под породоперемывочную площадку поступает через патрубок третьего поля сепаратора. Угол наклона породоперемывочной площадки изменяется с помощью винтового механизма.

Для изменения поперечного угла наклона деки сепаратора предусмотрен винтовой механизм, с помощью которого рабочий короб может поворачиваться вокруг оси шарниров. Положение короба фиксируют тремя стопорными устройствами.

Сепаратор СП-6 предназначен для обогащения более мелкого

угля, поэтому установленные на его деке направляющие имеют меньшую высоту и ближе расположены друг к другу. Обогащение в СП-6 осуществляется в пульсирующем воздушном потоке, поэтому под каждым полем сепаратора в патрубках воздухопроводов размещены индивидуальные лопастные пульсаторы, соединенные валами с общим приводом. Под пульсаторами установлены регулируемые воздушные заслонки. Полученные продукты обогащения (концентрат, промпродукт и отходы) разгружаются с деки в соответствующие приемные воронки. Для разделения сходящего материала предусмотрены подвижные разделительные ножи. Запыленный воздух удаляется через вытяжной зонт.

#### Технические характеристики пневматических сепараторов

Типоразмер . . . . .	УШ-3	СП-12А	СП-12	СП-6
Производительность по исходному углю, т/ч . . . . .	15-40	150	100	40-50
Рабочая площадь дек, м <sup>2</sup> . . . . .	6,24	12	12	6,7
Крупность угля, мм . . . . .	50-10	6-75	6-75	6-50
Продольный и поперечный углы наклона дек, градус:				
в продольном направлении . . . . .	2-11	4-11	4-11	4-11
в поперечном направлении . . . . .	2-11	4-11	4-11	3-10
Угол между направляющими деки и продольной осью сепаратора, градус . . . . .	10,5	10,5	10,5	7
Расстояние между направляющими, мм . . . . .	230	230	230	178
Эксцентриситет приводного вала, мм . . . . .	6	10	10	6
Частота качаний деки, мин <sup>-1</sup> . . . . .	290-480	300-400	310-400	310-400
Частота пульсаций воздуха, мин <sup>-1</sup> . . . . .	-	83-130	83-130	83-130
Мощность установленных электродвигателей, кВт . . . . .	10,5	20	20	10,5
Габариты, мм:				
длина . . . . .	5070	8200	8150	6410
ширина . . . . .	3040	5100	3590	2985
высота . . . . .	2140	11000	7403	5500
Масса, т . . . . .	5,6	25	14,6	8,1

### 11.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, СХЕМЫ И РЕЖИМЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

Эффективность пневматического обогащения зависит от влажности обогащаемого угля, его крупности, ситового и фракционного состава, нагрузки на аппарат.

Если содержание поверхностной влаги в угле превышает 5-7%, то обогащение его пневматическими методами становится невозможным. При повышенном содержании внешней влаги увеличивается сцепление между частицами, замедляется расслоение

материала, снижается производительность машины и ухудшается качество получаемых продуктов. Кроме того, влажный уголь, содержащий глинистый материал, замазывает отверстия сит рабочей поверхности и расслоение частиц по плотности нарушается.

От крупности обогащаемого материала зависит расход и давление подаваемого воздуха, частота его пульсаций, толщина постели и интенсивность ее подбрасывания на деке сепаратора. Чем крупнее обогащаемый уголь, тем большими должны быть толщина постели и амплитуда ее подбрасывания, а следовательно, расход и давление воздуха. Однако при создании наилучших условий для разделения крупных классов нарушается режим разделения мелких классов и общая эффективность разделения уменьшается. Как показала практика, при увеличении верхнего предела крупности обогащаемого материала, крупные куски угля теряются с отходами, а крупные куски породы задерживают продвижение породных слоев постели вдоль деки сепаратора и тем самым засоряют породой угольный концентрат.

Гранулометрический состав и зольность угля различных классов крупности значительно влияют на результаты обогащения. Установлено, что наилучшие результаты получаются при содержании 30% мелочи в машинном классе. При небольшом содержании мелочи постель на деке сепаратора ложится неплотным слоем и воздух свободно проходит между отдельными частицами, не разрыхляя ее. При достаточном содержании мелочи в машинном классе угольная постель на деке сепаратора отличается большой подвижностью, что позволяет более эффективно обогащать уголь крупных классов. Повышенное содержание в машинном классе класса менее 1 мм отрицательно сказывается как на ведение технологического процесса, так и на состоянии запыленности в помещении.

Так как при пневматическом обогащении угольная мелочь, не обогащаясь, почти полностью переходит в концентрат, при ее высокой зольности концентрат получается низкого качества. С целью улучшения качества товарного продукта высокзолую мелочь необходимо в этом случае выводить либо частично из исходного продукта, либо полностью из полученного концентрата и переобогащать ее.

Фракционный состав поступающего на обогащение материала существенно влияет на выход и качество продуктов обогащения. Колебания фракционного состава, связанные с изменением в исходном питании содержания частиц плотностью 1400-1800 кг/м<sup>3</sup> могут серьезно расстроить процесс разделения. Также отрицательно влияет изменение соотношения породных и угольных частиц в исходном угле из-за невозможности уследить и своевременно перестроить режим работы сепаратора. Только стабилизация качества исходных углей, их предварительное усреднение по крупности и фракционному составу обеспечивают устойчивое качество товарной продукции.



Подача питания на сепараторы должна быть равномерной. При изменении нагрузки вместе с ней должны изменяться все регулировочные параметры: расход воздуха общий и по отдельным полям и зонам, частота колебаний деки сепаратора, положение разделительных ножей и т.д. При слишком частых изменениях нагрузки сепаратор какое-то время будет работать не в оптимальном режиме, ухудшая качественные показатели продуктов обогащения.

#### 11.4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТАНОВОК ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

Техническое состояние и квалифицированное обслуживание сепараторов определяют технологические и экономические показатели работы всей фабрики.

Подготовка и запуск сепараторов должны производиться в соответствии с режимной картой, разработанной и утвержденной руководством фабрики. В соответствии с режимной картой производится и остановка сепаратора.

Регулирование пневматических сепараторов заключается в выборе такого режима их работы, при котором обеспечиваются получение чистого концентрата, минимальные потери угля в отходах и максимальный выход товарной продукции.

В процессе регулирования устанавливаются оптимальные значения следующих параметров:

производительность питателя;

общий расход воздуха при равномерном распределении его по деке сепаратора;

частота колебаний короба;

положение разделяющих ножей в приемных воронках;

угол продольного наклона деки;

угол поперечного наклона деки;

частота пульсаций воздушного потока;

угол наклона опор короба;

высота торцевого и бокового порогов.

Аппаратчик оперативно регулирует первые четыре параметра, остальные параметры регулируются только под руководством инженерно-технических работников фабрики или специалистами по регулировке сепараторов.

В ходе регулирования пневматического сепаратора следует помнить, что процесс разделения имеет инерционный характер и изменения в режиме работы сепаратора отражаются на качестве продуктов обогащения только через определенный промежуток времени продолжительностью 10-15 мин. Из этого следует, что изменив один из режимных параметров работы сепаратора, необходимо выждать некоторое время, пока процесс разделения перестроится в соответствии с новым режимом, стабилизируется и только затем оценивать влияние его действия.

Кроме того, следует учитывать, что все указанные выше параметры так или иначе оказывают воздействие на процесс. Поэтому для целенаправленной регулировки сепаратора не рекомендуется одновременно изменять несколько параметров, не дождавшись стабилизации процесса и не убедившись, к каким результатам приводит изменение одного из параметров. Практика показывает, что при одновременном изменении сразу нескольких параметров невозможно оценить влияние каждого в отдельности и определить, какой параметр должен быть изменен и в каком направлении.

Производительность сепаратора устанавливается в зависимости от его паспортной характеристики с учетом обогатимости и влажности угля. Расход воздуха является главным параметром. Он зависит от крупности и влажности исходного продукта, содержания в нем мелочи и толщины постели. Правильно подобранный воздушный режим создает подвижную равномерно разрыхленную постель по всей деке, без "мертвых" залежей и "фонганирующих" участков.

Если в верхних слоях постели преобладают крупные куски угля и породы и почти нет мелочи, то воздуха недостаточно. Если в верхних слоях постели преобладает мелочь и отсутствует фонтанирование и выбросы - расход воздуха нормален. Большое содержание в концентрате мелкой породы - результат избытка воздуха. Наличие в концентрате крупных кусков породы свидетельствует о явном недостатке воздуха. Если в отходах содержится мелкий уголь, то постель плохо разрыхлена и воздуха поступает мало.

Частоту колебаний короба устанавливают с учетом содержания в исходном продукте породных фракций и их влажности. При увеличении содержания породных фракций в питании частоту колебаний короба необходимо увеличить для ускорения выгрузки отходов. Если в отходах содержатся угольные фракции, то частота колебаний короба должна быть уменьшена.

При повышении влажности частоту колебаний рекомендуется увеличить, чтобы способствовать лучшему разрыхлению материала на деке, а для сохранения необходимой толщины породного слоя на постели одновременно увеличить угол продольного наклона деки. Положение разделяющих ножей определяется фракционным составом исходного продукта. Если уголь и порода хорошо различаются по внешнему виду, то местоположение разделяющих ножей можно определить визуально. В противном случае следует расслаивать продукты обогащения в тяжелых жидкостях. Угол продольного наклона деки сепаратора устанавливают в зависимости от фракционного состава угля так, чтобы толщина породного слоя постели не превышала высоты направляющих. Угол поперечного наклона деки сепаратора влияет на скорость разгрузки верхнего слоя постели. При легкой обогатимости угля его увеличивают. Частоту пульсаций воздушного потока устанавливают с учетом крупности угля, содержания в

нем мелочи и влаги. С уменьшением крупности частоту пульсаций повышают. С увеличением влажности угля частоту пульсаций рекомендуется снижать.

Углы наклона опор короба определяют интенсивность подбрасывания и скорость продвижения угольной постели по дексепаратора. Оптимальный угол установки опор -  $45^\circ$  к горизонту.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные принципы работы пневматических сепараторов.
2. Устройство пневматических сепараторов.
3. Основные элементы регулирования пневматических сепараторов.

## Глава 12

### ОБОГАЩЕНИЕ УГЛЕЙ ВО ФЛОТАЦИОННЫХ МАШИНАХ

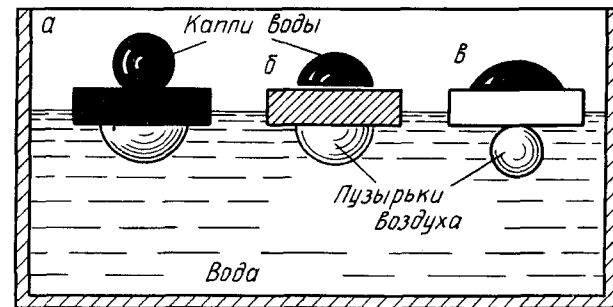
#### 12.1. СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ

Флотация занимает особое место в технологии обогащения углей. Она дает возможность значительно снизить зольность шламов коксующихся углей. Поэтому первоначально флотация применялась только для обогащения коксующихся углей, затем стала использоваться для регенерации моечных вод углеобогатительных фабрик, а в настоящее время флотация находит все большее применение при обогащении шламов энергетических углей и антрацитов.

Флотационный метод обогащения основан на различии физико-химических свойств поверхностей угольных и породных частиц. Наиболее важным для флотации свойством является смачиваемость поверхности минералов водой, т.е. их способность образовывать устойчивую гидратную (водную) оболочку. Поверхность угольных частиц, которая плохо смачивается водой, называется гидрофобной, а поверхность породных частиц, хорошо смачиваемая водой, называется гидрофильной.

На рис. 12.1 показан ряд пластинок твердых тел разной смачиваемости, наполовину погруженных в воду. На верхнюю поверхность пластинок нанесены капли воды, а под нижнюю поверхность подведены одинаковые по объему пузырьки воздуха. У плохо смачиваемых пластинок капля воды имеет вид шарика, а пузырек воздуха расплзается по поверхности (рис. 12.1, а). У хорошо смачиваемых пластинок, наоборот, капля воды растекается, а пузырек воздуха не прилипает к поверхности и принимает на ней форму шарика (рис. 12.1, в).

Рис. 12.1. Смачиваемость твердых тел



Между гидрофильными и гидрофобными группами находится большая часть твердых тел, поверхность которых в различной степени смачивается водой (рис. 12.1, б).

Механизм взаимодействия поверхности тела с водой зависит от того, как связаны между собой составляющие его атомы. Если атомы твердого тела связаны друг с другом всеми силами, которыми они обладают, то на поверхности не остается свободных сил, которые могли бы притягивать молекулы воды. Такая поверхность смачивается плохо. В обратном случае свободные силы поверхности активно притягивают большое количество молекул воды, поверхность хорошо смачивается ею. Когда пузырек воздуха приближается к твердой поверхности, то разделяющая их тонкая прослойка воды начинает препятствовать дальнейшему сближению пузырька и поверхности. Сопротивление тем сильнее, чем лучше смачивается поверхность водой, так как в этом случае труднее удалить молекулы воды из силового поля поверхности. Следовательно, к хорошо смачиваемым водой твердым поверхностям пузырек не может приблизиться настолько, чтобы прилипнуть к ним. Если же пузырек приближается к плохо смачиваемой водой поверхности, то молекулы воды легко отодвигаются в сторону и пузырек, соприкасаясь с поверхностью, прилипает к ней.

Таким образом, для того чтобы зерно угля прилипло к пузырьку воздуха, оно должно не только столкнуться с пузырьком, но и обладать плохо смачиваемой водой поверхностью. Закрепление частиц на пузырьках воздуха тем прочнее, чем меньше гидратные оболочки частиц и больше поверхность контакта пузырька и частицы. Закрепление на пузырьках прилипших к ним частиц является необходимым условием флотации.

Для осуществления флотации необходимо, чтобы зерна угля прилипали к пузырькам воздуха достаточно прочно и не отрывались от них во время подъема в пену и отстаивании последней. Итак, при флотации гидрофобные частицы угля прилипают к поверхности пузырьков воздуха, пропускаемого через пульпу, и выносятся ими на поверхность пульпы, образуя слой минерализованной пены (концентрат). Гидрофильные породные

частицы практически не прилипают к воздушным пузырькам или образуют с ними очень непрочный контакт. Они остаются в пульпе во взвешенном состоянии и удаляются в отходы флотации. Смачиваемость поверхностей флотируемых частиц, а также прочность их закрепления на пузырьках воздуха можно изменять воздействием определенных веществ, называемых флотационными реагентами.

Для осуществления процесса флотации необходимы следующие условия:

различная смачиваемость смеси твердых частиц пульпы;  
содержание в пульпе необходимого количества флотационных реагентов;

высокая степень аэрации пульпы, т.е. подача в пульпу достаточного количества воздушных пузырьков;

достаточная плотность пульпы для обеспечения максимально возможного соприкосновения твердых частиц с воздушными пузырьками и относительно свободного всплывания минерализованных (нагруженных) пузырьков;

вес угольных частиц, не превышающий подъемную силу пузырьков;

высокая подъемная сила воздушных пузырьков (преимущественно крупных пузырьков) и достаточная устойчивость в процессе всплывания и образования пены на поверхности пульпы (преимущественно мелких пузырьков).

Обычно флотации подвергают угольные шламы, крупностью менее 0,5 мм.

Флотация представляет процесс, происходящий в специальных аппаратах, называемых флотационными машинами. Подготовленная заранее смесь воды, угля и флотационных реагентов - называемая пульпой, последовательно проходит через камеры флотационной машины. Воздух, который засасывается из атмосферы и дробится на мелкие пузырьки, проходит снизу вверх через эту пульпу. Частицы, не смачиваемые водой - гидрофобные, в данном случае уголь, прилипают к пузырькам воздуха и поднимаются на поверхность, образуя минерализованную пену, которая удаляется пеносъемниками в виде пенного продукта в специальный желоб, а затем идет на обезвоживание на вакуум-фильтр. Кек вакуум-фильтра представляет собой флотационный концентрат, который направляется на сушку. Пустая порода, не прилипшая к пузырькам воздуха вследствие своей гидрофильности (хорошей смачиваемости водой), остается в пульпе и как отходы направляется также на обезвоживание.

Таким образом, процесс флотации состоит из следующих этапов: столкновение воздушного пузырька с угольной частицей, закрепление угольной частицы на воздушном пузырьке, подъем (вынос) угольной частицы в пенный продукт и удаление пенного продукта из камеры.

## 12.2. ФЛОТАЦИОННЫЕ РЕАГЕНТЫ

При осуществлении процесса флотации природное различие смачиваемости угольных и породных частиц оказывается недостаточным для их четкого разделения, особенно при окисленной поверхности угольных частиц или наличии тонковкрапленных сростков угля и породы. Поэтому угольную мелочь флотируют только при использовании реагентов.

К реагентам предъявляются следующие требования: высокая эффективность, недефицитность и низкая стоимость, незначительная токсичность, значительные ресурсы, постоянство состава и свойств, малая вязкость при низких температурах; отсутствие резкого и неприятного запаха, легкой воспламеняемости и корродирующего действия на оборудование флотационной установки.

Как правило, для флотации угольного шлама применяют два типа реагентов - аполярные собиратели и спиртосодержащие вспениватели (пенообразователи).

Собиратели - органические вещества, придающие угольной частице большую гидрофобность. Особенностью этих реагентов является аполярное строение их молекул. Аполярными называются молекулы, у которых "центры тяжести" положительных и отрицательных зарядов частиц, образующих молекулу, совпадают.

Вследствие аполярного строения реагенты имеют малую растворимость в воде и высокую степень гидрофобности. Они концентрируются на поверхности угольных частиц, увеличивают их гидрофильность и способствуют прилипанию к воздушным пузырькам.

При флотации углей широкое распространение получили реагент собиратель омский (PCO) и активный аполярный реагент ААР-2. Весьма редко применяются осветительный керосин, топливо печное бытовое (ТПБ) и дизельное топливо.

Реагент собиратель PCO представляет собой продукт переработки нефти. По внешнему виду однородная жидкость коричневого цвета. Обладает постоянным составом и свойствами, высокой эффективностью и достаточной селективностью действия.

Реагент относится к малотоксичным веществам, но вызывает раздражение кожи слизистой оболочки век и дыхательных путей. Температура застывания (замерзания) реагента не выше - 20 °С. Расход реагента 1,5 кг/т. Большим преимуществом реагента является его низкая стоимость и близость к углеобогатительным фабрикам Кузбасса завода-изготовителя, который находится в г. Омске. Основным недостатком реагента - его способность застывать при слишком высокой для условий Кузбасса температуре - 20 °С. В связи с чем применяются химические добавки, снижающие температуру застывания реагента до - 40 °С. Реагент применяется почти на всех углеобогатительных фабриках Кузбасса.

Активный аполярный реагент АА-2 также продукт перегонки нефти. По внешнему виду представляет собой однородную жидкость коричневого цвета. Обладает постоянным составом и свойствами. По токсичности реагент относится к разряду малотоксичных веществ, но обладает резким или очень неприятным запахом. Расход реагента высокий и колеблется в широких пределах в зависимости от марочного состава от 0,8 до 3,0 кг/т. Реагент АА-2 обеспечивает высокую флотационную активность.

При больших расходах реагента отмечается излишнее пенообразование, при оптимальных - возрастает подвижность пены, а следовательно, уменьшается объем пенного слоя. Реагент недифицитен, удобен при транспортировке, стоимость его относительно невысокая. Реагент АА-2 применяется на малом числе углеобогащительных фабрик Кузбасса.

Реагент топливо печное бытовое ТПБ является продуктом прямой перегонки нефти. Реагент малотоксичен. Печное топливо по внешнему виду представляет собой маслянистую однородную жидкость желтого цвета с коричневым оттенком. Температура застывания не выше - 15 °С. К недостаткам этого реагента относится непостоянство его состава, что может привести к ухудшению качества концентрата и чрезмерному пенообразованию. Часто в этом реагенте обнаруживается большое количество нерастворимых веществ. В связи с большими перебоями с поставкой и высоким расходом топлива печного бытового, равного 1,8 кг/т, этот реагент применяется только на углеобогащительных фабриках Ростовской области.

Осветительный керосин является продуктом перегонки сырой нефти. В зависимости от состава нефти, из которой получен керосин, изменяется и состав керосина. Керосин является наиболее эффективным реагентом при флотации коксующихся углей средней стадии метаморфизма. Причиной малого распространения реагента является его дефицитность и относительно высокий расход - более 1 кг/т.

Реагент-собиратель дизельное топливо из местных ресурсов применяется только на углеобогащительной фабрике разреза "Нерюнгринский" в Якутии.

Реагенты-вспениватели адсорбируются в основном на поверхности воздушных пузырьков, понижают поверхностное натяжение воды и тем самым увеличивают прочность (устойчивость) пузырьков воздуха и способствуют устойчивости пены. Молекула реагента-вспенивателя состоит из аполярной и полярной частей. Аполярная часть молекул направлена в сторону воды. Таким образом, полярные части молекул пенообразователя образуют вокруг воздушного пузырька защитную гидратную оболочку, которая препятствует слиянию пузырьков друг с другом. В качестве пенообразователей используют: в основном кубовый остаток производства бутилового спирта КОБС и Оксоль Т-80.

Пенообразователь КОБС по внешнему виду представляет собой прозрачную однородную жидкость желтовато-коричневого цвета с очень слабым запахом. Реагент малотоксичен, застывает при морозе от -50 до -65 °С, т.е. пригоден для углеобогащительных фабрик, расположенных в районах с суровой зимой.

КОБС является высокоактивным флотационным реагентом, удобен при транспортировке и является недорогим. К недостаткам реагента относится непостоянство его состава. Реагент применяется на всех фабриках Кузнецкого бассейна, а также на ОФ разреза "Нерюнгринский" в Якутии. Его расход составляет 100-150 г/т.

Реагент Оскаль Т-80 представляет собой побочный продукт процесса получения синтетического каучука. По внешнему виду - это легкоподвижная однородная нерасслоившаяся жидкость от желтого до коричневого цвета. Температура застывания не выше -57 °С. Реагент токсичен, способен проникать даже через поврежденную кожу, может вызвать конъюнктивит, обладает слабо выраженными кумулятивными свойствами - его вредное действие суммируется и накапливается. В связи с токсичными свойствами реагента его контакт с кожей и со слизистой оболочкой глаз должен быть полностью исключен. Реагент применяется на углеобогащительных фабриках Донецкого бассейна. Его расход составляет от 30 до 200 г/т. Он обладает высокой флотационной активностью и удобен при транспортировке. При соблюдении оптимального реагентного режима не возникает никаких осложнений.

Кубовые остатки метилизобутилкарбинола МИБК. Реагент при флотации угля обнаруживает не только пенообразующие, но и собирательные свойства, благодаря чему он может применяться и один, без аполярного реагента-собирателя. МИБК - индивидуальное вещество, а поэтому его состав и свойства постоянны. Он обладает высокой флотационной активностью. По внешнему виду бесцветная прозрачная легкоподвижная жидкость со слабым запахом. Температура замерзания реагента -90 °С, что делает возможным применять его даже в Антарктиде. Реагент является малотоксичным веществом. Расход реагента составляет 45 г/т. Реагент обладает рядом преимуществ: высокой эффективностью при малых его расходах. Это новый реагент. В настоящее время реализуются мероприятия по его производству.

### 12.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Флотационные установки углеобогащительных фабрик включают устройства для подготовки пульпы, дозирования реагентов и флотационные машины.

Флотационные машины. В зависимости от способа перемешивания и аэрации (насыщение достаточным количеством пу-

зырьков воздуха) пульпы флотационные машины подразделяют на механические, пневматические и пневмомеханические.

В механических машинах аэрация осуществляется с помощью импеллеров, эжекторов и насосов, засасывающих воздух из атмосферы. В пневматических машинах пульпа аэрируется непосредственно вводом в нее сжатого воздуха. В пневмомеханических машинах помимо аэрации пульпы механическим способом используют дополнительно вдувание воздуха с помощью воздушных вдувок.

По характеру движения пульпы флотационные машины делят на камерные, прямоточные и полупрямоточные.

Камерные машины состоят из нескольких однотипных камер, пульпа по мере извлечения из нее концентрата последовательно перетекает из одной камеры в другую через промежуточные карманы.

Прямоточные машины представляют собой длинную ванну со свободным течением пульпы от загрузочного кармана до разгрузочного устройства.

К полупрямоточным относят машины, составленные из нескольких прямоточных участков, между которыми имеются перегородки. В начале каждого прямоточного участка пульпа подается в импеллерный блок.

Все машины, в которых осуществляется процесс флотации, состоят из следующих основных узлов: камеры, в которой происходит флотация; устройства для перемешивания пульпы и ее аэрации; механизмов для загрузки и перемещения флотированного материала, выгрузки камерного продукта и съема минерализованной пены. Приемная и концевая камеры каждой секции оборудованы соответственно приемным и выпускным карманами. Эти карманы подсоединены к трубопроводам, подающим исходную пульпу и отводящим отходы флотации. В выпускном кармане имеется перегородка с отверстиями для установки шиберного устройства.

Для предотвращения бурления пульпы в зоне всплывания минерализованных пузырьков на аэраторе монтируют успокоительную решетку. Аэратор - это специальное механическое устрой-

ство для аэрации пульпы. Схема флотационной машины приведена на рис. 12.2. Исходная пульпа поступает по трубопроводу 4 в камеру 1. Импеллер 2, насаженный на вал 5, вращается от электродвигателя. При вращении импеллера пульпа выбрасывается через межлопаточные пространства неподвижного статора 3. Под действием возникающего разрежения воздух начинает засасываться в камеру по трубе 6. При движении с пульпой через импеллер и статор воздух диспергируется и аэрирует пульпу. В объеме камеры твердые частицы слипаются с воздушными пузырьками и всплывают. На поверхности камеры образуется слой пенного продукта, который скребками 7 удаляется в желоба 8 для подачи к месту дальнейшей обработки.

Для флотации углей в настоящее время применяют механические, или импеллерные машины МФУ6 и МФУ12, в которых воздух засасывается из атмосферы и диспергируется (измельчается) с интенсивным механическим перемещением пульпы.

Флотационная машина МФУ (рис. 12.3) состоит из двух прямоточных секций, образуя полупрямоточную машину. Каждая секция имеет три камеры: приемную 1, промежуточную 3 и концевую 4. Секции соединены между собой переходной камерой 5. Каждая камера снабжена аэратором 2 с импеллером 12, который приводится в движение от электродвигателя 7 с помощью клиноременной передачи. Привод аэратора закрыт защитным кожухом 11. Пенный продукт удаляют пеносниматели 9. Уровень пульпы регулируют и устанавливают оптимальным с помощью шиберов 6, который перемещается приводом 8. При работе машины в автоматическом режиме управление приводом шиберов осуществляется с помощью датчика уровня 10. Камера флотомашин металлическая сварная. В ее днище имеется отверстие, закрываемое клапаном 13, для выпуска пульпы при осмотрах и ремонтах машины.

Аэратор (рис. 12.4) оборудован двумя импеллерами: центробежным 8 и осевым 9, насаженными на вал 5, заключенный в корпус 12. Центробежный импеллер находится внутри статора 7. Вал аэратора опирается на подшипники 3, установленные в стаканах 2 и заключенные в корпусе 4. Вал вращается от привода через шкив 1.

Конструкция центробежного импеллера аналогична конструкции рабочего колеса насоса. При перекачивании поступающей в него пульпы в центральной части образуется зона разрежения, в которую по трубе 6 засасывается атмосферный воздух. Пульвоздушная смесь лопатками импеллера выбрасывается в камеру флотомашин через статор. Высокая степень диспергирования воздуха достигается благодаря тому, что лопатки центробежного импеллера несколько выступают за пределы дисков и создают интенсивную вихревую зону.

Диспергирование интенсифицируется при прохождении пульвоздушной смеси через статор в виде беличьего колеса. Часть пульвоздушной смеси поступает через отверстия 11 на

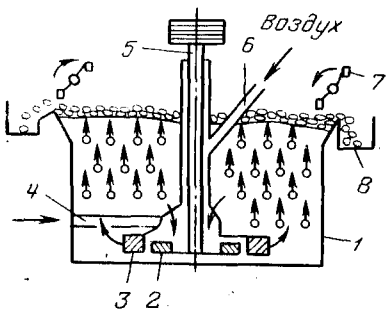


Рис. 12.2. Схема флотационной машины

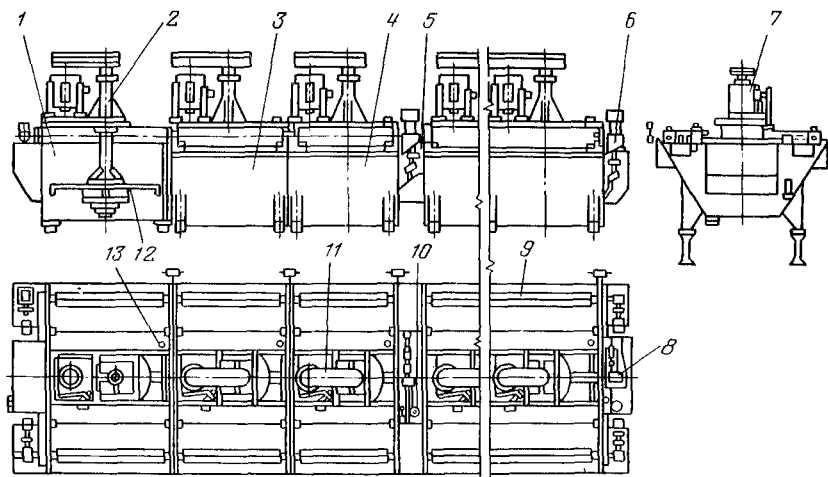


Рис. 12.3. Флотационная машина МФУ6

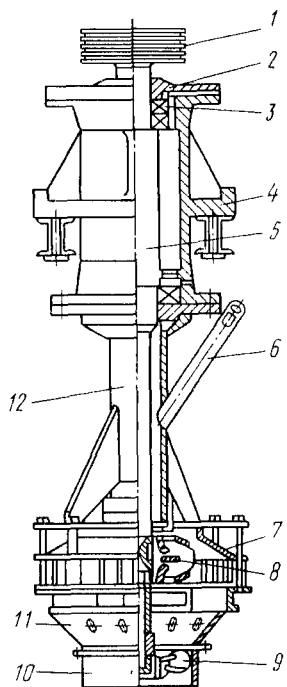


Рис. 12.4. Аэратор флотационной машины МФУ6

осевой импеллер, заключенный в камеру 10, который подает ее в нижнюю часть камеры флотомашин. В машине предусмотрен двухсторонний сьем пены с поверхности пульпы, с каждой стороны машины установлены два ряда пеноснимателей. Каждый из них состоит из скребков, закрепленных на коромыслах. Коромысла насаживают на вал с помощью планок, имеющих продолговатые прорезы. При этом скребки можно устанавливать на различном расстоянии от оси вала, регулируя высоту снимаемого пенного продукта. Первый ряд пеноснимателей вращается от электродвигателя через редуктор, а второй ряд - от первого с помощью цепной передачи.

Для непрерывного сьема пенного продукта со всего зеркала камеры флотационной машины траектории вращающихся пеноснимателей должны совпадать. Для предотвращения зацепления во время вращения скребки обоих рядов устанавливают перпендикулярно друг к другу.

Скребками второго ряда пенный продукт перемещается от центра камеры в зону действия скребков первого ряда. Скребками первого ряда пенный продукт удаляется в желоба пенного продукта.

*Шиберное устройство* (рис. 12.5), предназначенное для поддержания уровня пульпы (высоты пенного слоя) в заданных пределах, состоит из шибера 7, соединенного тягой 5 с приводом 2, датчика уровня и датчика - реле перепада давления 1.

*Датчик уровня* состоит из подвешенного на уровне зеркала пульпы колокола 6, внутренняя полость которого соединена трубкой 4 с датчиком - реле перепада давления 1. При отклонении уровня пульпы от заданного изменяется давление под колоколом, в результате этого замыкается один из контактов датчика - реле перепада давления, включается привод 2 и шибер 7 перемещается в нужном направлении. Требуемый уровень пульпы устанавливают изменением высоты подвески колокола 6 при помощи задатчика 3 в период наладки флотомашин.

Конструкция флотационной машины МФУ-12 аналогична конструкции МФУ6. Машина МФУ12 отличается увеличенным в два раза объемом камеры и соответственно более высокой производительностью.

На рис. 12.6 показан поперечный разрез трехкамерной секции. В верхней части камеры 1 размещен двухрядный лопастной пеногон 2, в днище камеры имеется отверстие с пробкой 3 для ее освобождения от пульпы на случай профилактического осмотра и ремонта.

В центре камеры установлен блок-аэратор 6, на валу которого в нижней части закреплены два импеллера: центробежный 8 и осевой 10. Вращение вала блок-аэратора (и, следовательно, импеллеров) осуществляется посредством клиноременной передачи от электродвигателя 5, установка которого фиксируется натяжным устройством с пружиной 4. Активное перемешивание и циркуляция пульпы в машине осуществляются благодаря от-

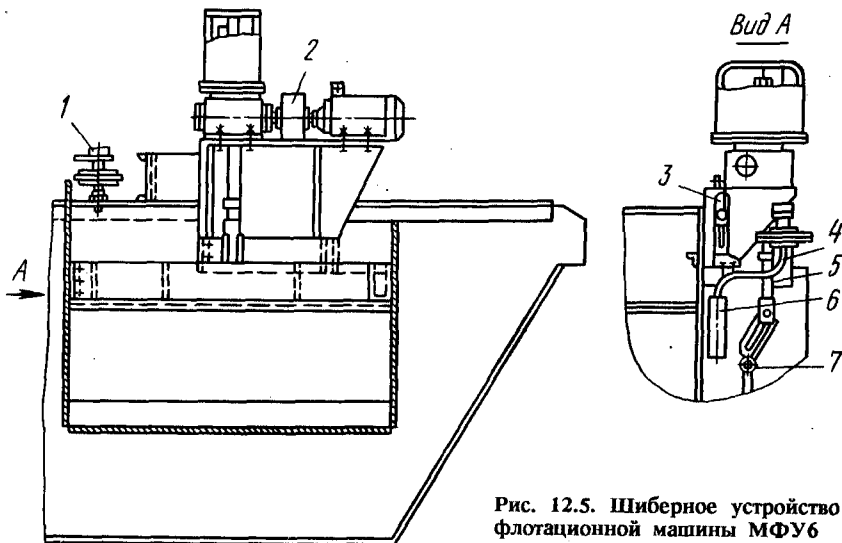


Рис. 12.5. Шиберное устройство флотационной машины МФУ6

верстиям 9. Отфлотированная в камере пульпа перемещается прямококом в следующую камеру и далее в хвосты (из последней камеры), а пенный продукт (концентрат) сбрасывается пеноногами в желоба 7 и направляется на фильтрование.

Технические характеристики флотационных машин

Типоразмер . . . . .	МФУ6	МФУ12
Производительность:		
по пульпе, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	450	700
по твердому, т/ч . . . . .	50	80
Вместимость камеры, м <sup>3</sup> . . . . .	6,3	12,5
Число камер . . . . .	6	6
Частота вращения импеллера, мин <sup>-1</sup> . . . . .	510	580
Диаметр импеллера, мм . . . . .	400	400
Мощность электродвигателя привода азратора, кВт . . . . .	17	39
Габариты, мм:		
длина . . . . .	15 150	19 200
ширина . . . . .	3510	3450
высота . . . . .	3050	3290
Масса (с электрооборудованием), кг . . . . .	26 000	39 750

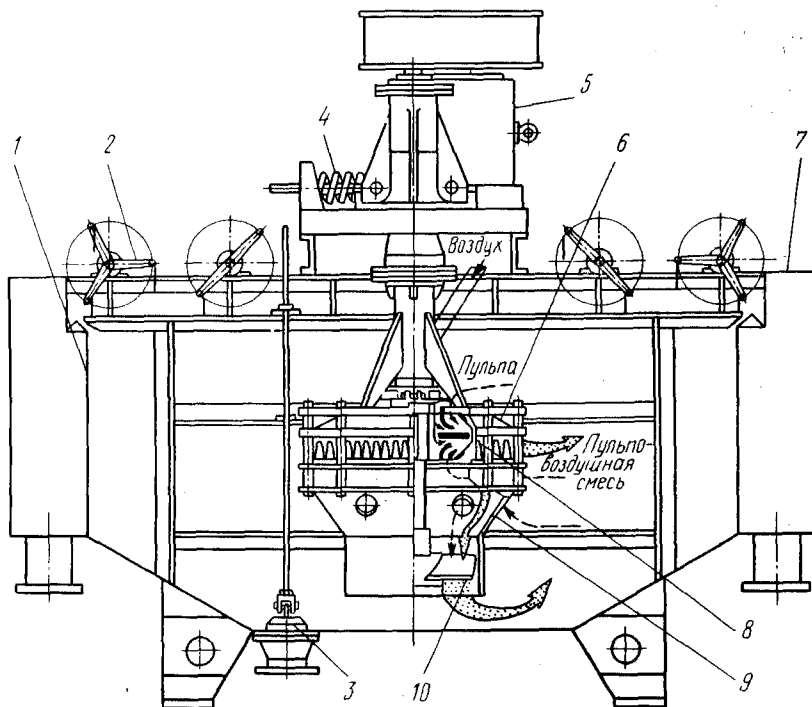


Рис. 12.6. Флотационная машина МФУ12

Флотационные машины типа ФМ. В последнее время созданы новые флотационные машины: ФМ8, ФМ16 и ФМ25, которые находят широкое применение на углеобогатительных фабриках. Конструктивные особенности этих машин позволяют:

осуществлять различную компоновку как по числу, так и расположению камер в технологической схеме;

автоматически поддерживать заданный уровень пульпы в камерах;

использовать как самостоятельное всасывание воздуха азратором из атмосферы, так и принудительную подачу воздуха от внешнего источника;

регулировать в каждой камере количество подаваемого воздуха, дисперсионный состав воздушных пузырьков и интенсивность перемешивания пульпы в камере;

флотировать труднообогатимые угли с более высокой производительностью, меньшими затратами энергии и реагентов, снизив потери горючей массы в отходах;

улучшать экономические показатели обогащения за счет получения менее обводненных концентратов.

Машина флотационная механическая ФМ16 (рис. 12.7) состоит из приемного кармана 1, приводов пеноснимателей 7, рядовых камер 2 и 3, камер перелива 6 и слива 5. Машина разделена на секции, которые в свою очередь разделены между собой камерой перелива 6. Каждая последующая секция по отношению к предыдущей устанавливается с перепадом на 400 мм. Для поддержания уровня пульпы в каждой секции в переливной и сливной камерах монтируются регуляторы уровня 4 автоматического действия. На случай выхода из строя автоматического регулятора уровня пульпы 4 в переливной и сливной камерах имеются шиберные

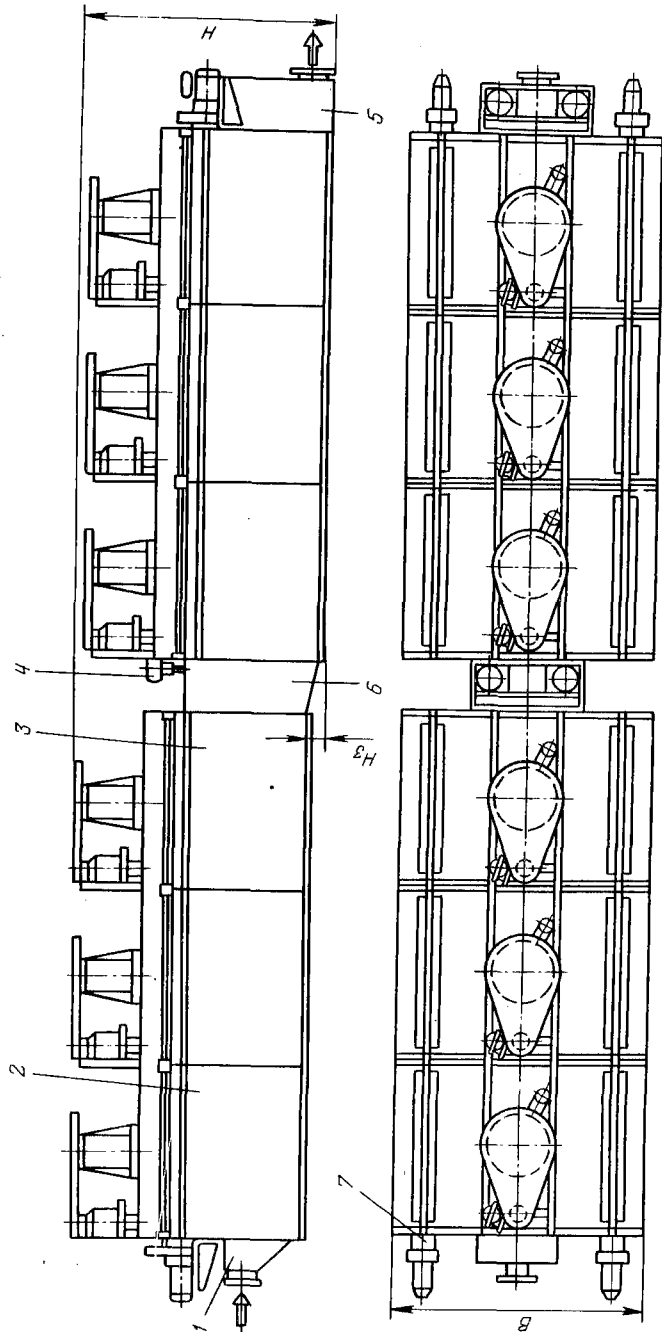


Рис. 12.7. Флотационная машина МФУ16

устройства с ручным управлением. Соединение рабочих камер между собою, с приемным карманом и переливными камерами производится на месте эксплуатации машины с помощью сварки.

Для установки сливных порогов рабочих камер в горизонтальное положение в конструкции рабочих камер предусмотрены регулировочные винты.

По требованию заказчика машина может состоять из 6-8 камер. Так, при семикамерном исполнении головная секция состоит из четырех камер, хвостовая из трех. При восьмикамерном исполнении обе секции состоят из четырех камер. Приемный карман представляет собой сварную конструкцию трапециевидального типа с входным патрубком диаметром 630 мм. Приемная камера подсоединяется к первой камере на месте монтажа флотомашины с помощью сварки сплошным водонепроницаемым швом.

Рабочая камера (рис. 12.8) состоит из корпуса 7, внутри которого монтируется статор 8, подвешенный к опорной трубе 10, которая опирается на кронштейны 13, прикрепленные к

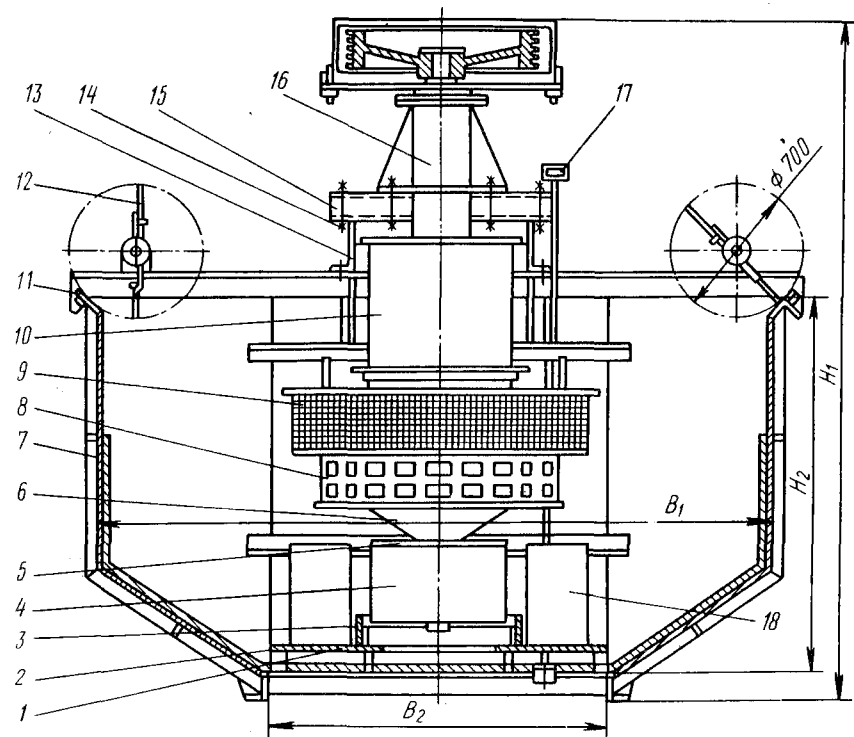


Рис. 12.8. Рабочая камера флотационной машины МФУ16



опорным балкам 14 корпуса 7. На опорные балки 14 через промежуточные балки 15 опирается шпindelь 16, на вал которого крепятся два импеллера нижний 4 и верхний 6. Между верхним и нижним импеллерами установлен распределительный диск 5. На статор 8 опирается диспергатор 9. В нижней части камеры установлено ложное днище 2, к которому приварен всасывающий стакан 1, на который закреплен подвижной удлинитель 3. К ложному днищу приварены ребра 18, предотвращающие закручивание пульпы. Для удаления минерализованной пены на веру камеры крепятся пеносниматели 12, а для выравнивания уровня пульпы между камерами установлены регуляторы высоты 11. Передача крутящего момента с вала привода на вал шпинделя 16 осуществляется через клиноремennую передачу. Для безопасной работы клиноремennая передача ограждена кожухом, который крепится на кронштейны. Для натяжения клиновых ремней имеется натяжное устройство. Для выпуска пульпы из камеры предусмотрено пробковое устройство. Для обслуживания привода соседней камеры на опорные балки корпуса крепится настил (17 - вентиль).

*Принцип работы флотационной машины* основан на равномерном насыщении исходной пульпы диспергированным воздухом и удалении с пенным слоем за пределы камеры всплывших минеральных комплексов. Исходная пульпа, прошедшая предварительную обработку флотореагентами в аппарате подготовки пульпы, поступает в приемный карман, откуда через переливное окно в нижней части в рабочие камеры. В рабочих камерах исходная пульпа из-под придонной плиты 2 по патрубку 1 засасывается импеллером 4 и с помощью отбойного распределительного диска 5 отбрасывается в нижнюю часть камеры, поднимая частицы со дна камеры. Из нижней части камеры исходная пульпа засасывается верхним импеллером 6, который одновременно по трубе 10 засасывает атмосферный воздух и насыщает исходную пульпу воздухом. Пульпа, насыщенная воздухом, отбрасывается в полость статора 8, где перемешиваясь, насыщается диспергированным воздухом и через окна статора отбрасывается во вторую зону диспергации, расположенную между статором и диспергатором 9. Из диспергатора через более мелкие окна пульпа поступает в верхнюю часть камеры, и минеральные части с пенным слоем удаляются из камеры лопатками пеноснимателей 12 в лоток сбора пены.

Вращение импеллеров 4 и 6, закрепленных на валу шпинделя 16, производится приводом аэратора. Импеллеры нижний и верхний имеют литую конструкцию из износостойкого заполнителя.

*Статор* представляет собой цилиндрическую конструкцию, состоящую из верхнего и нижнего дисков, и 18 литых лопаток, закрепленных между дисками с помощью шпилек.

*Шпindelь* состоит из корпуса, в котором закреплен на радиально-упорных подшипниках вал. Подшипники в корпусе шпин-

деля крепятся с помощью крышек. Для предотвращения утечки смазки из полости подшипников на валу закреплены маслоотбойные диски, а в крышках установлены манжеты. Смазка подшипников производится через масленки по маслопроводам.

*Диспергатор* состоит из верхнего диска и обечайки с просечными отверстиями. Диспергатор предназначен для дробления потока пульпы, выходящей из окон статора и дополнительного диспергирования пульпы воздушными пузырьками в кольцевом пространстве между статором и диспергатором.

*Пеносниматель* предназначен для удаления минерализованной пены из камеры в пеносборный лоток. Он состоит из вала, закрепленного в опорах подшипников, на котором установлены полухомуты, к которым прикреплены лопатки. Для регулировки диаметра расположения лопаток крепежные оверстия в полухомутах выполнены в виде пазов. На конце вала закреплена муфта для соединения с пеноснимателем соседней камеры и приводом пеноснимателя. Приводы пеноснимателя подсоединяются к головной и хвостовой камерам на болтовом соединении. Натяжение цепной передачи производится путем опускания кронштейна с помощью винтов. На шести-или восьмикамерных машинах монтируются четыре привода пеноснимателя.

*Камера перелива* предназначена для поддержания заданного уровня пульпы в головной секции камер. Камера перелива состоит из корпуса с внутренней перегородкой. В нижней части камеры расположены два пробковых затвора, соединенных с пневматическими исполнительными механизмами.

Высота уровня пульпы в камерах секции поддерживается автоматически с помощью приборов, смонтированных на пульпе управления в стороне от флотомашин. Высота уровня пульпы задается с помощью пузырьковой трубки. Поддержание уровня пульпы осуществляется следующим образом. Задатчиком высоты пенного слоя устанавливается необходимый уровень пульпы в камерах. Если высота пенного слоя ( $H$ ) начинает уменьшаться, в пузырьковой камере начинает происходить сжатие воздуха, в результате чего на пульт управления поступает сигнал и исполнительный механизм начинает поднимать пробки.

Пульпа из камеры головной секции через окно поступает в полость под пробками и через открытые пробковые затворы перетекает в камеру хвостовой секции. Если же высота пенного слоя ( $H$ ) начинает увеличиваться, т.е. уровень пульпы в камере падает, исполнительный механизм по сигналу пузырьковой трубки начинает опускать пробки, уменьшая сечение пробковых затворов, и уровень пульпы в камерах вновь начинает восстанавливаться.

В случае отказа в работе исполнительного механизма в конструкции предусмотрен шиберный затвор с ручным управлением. В этом случае перелив пульпы из головной в хвостовую секцию производится через шибер, а высота пенного слоя ( $H$ ) устанавливается винтовым исполнительным механизмом.



шивания пульпы, необходимого контактирования ее с реагентами и распределения по флотомашинам. Он получил широкое распространение на углеобогатительных фабриках вместо ранее применявшихся контактных чанов и аппарата подготовки пульпы "Каскад".

Аппарат АКП-1600 состоит из следующих основных узлов: кольцевых желобов смесителей 6 и 7 с гидрозатворами 13, устройства для приготовления аэрозоля реагентов (размер частиц 1-1,5 мкм) с подающим патрубком 9, системы желобов-распределителей 8, колонны 1, пульподелителя с затворами 12 клапанного типа. Колонна закрывается крышкой 2 со смотровым люком 3.

Устройство для приготовления аэрозоля реагентов состоит из дискового распылителя 4 с сепарационным устройством, обеспечивающим образование горизонтального веера тонкодисперсионного аэрозоля. Проходящие через этот веер струи пульпы, образующие в щелях радиальных желобов-распределителей, равномерно насыщаются реагентами. Гидрозатвор 13 создает условия для поддержания в аппарате атмосферного давления впуском или выпуском из него воздуха. При выпуске воздуха гидрозатвор улавливает частицы аэрозоля, предотвращая попадание его в рабочее помещение фабрики. Исходная пульпа поступает в аппарат тангенциально по трубопроводу 5, вследствие чего образуется вихрь, обеспечивающий тщательное перемешивание пульпы. Струи пульпы, насыщенные аэрозолем реагентов, ударяясь о зонт 11 и лопатки 10, установленные в нижней части аппарата, дополняют перемешиваются, и окончательно подготовленная пульпа через затворы поступает во флотационные машины.

Перемешивание пульпы способствует более равномерному распределению минерализованных пузырьков воздуха, что обеспечивает возможность подачи в камеру большого количества воздуха. Перемешивание необходимо также для поддержания во взвешенном состоянии еще незакрепившихся свободных зерен. Однако чрезмерное перемешивание вредно, так как оно может вызвать отрыв зерен и вследствие этого снижение скорости флотации.

#### Техническая характеристика АКП-1600

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1600
Число сливных патрубков	4; 6; 8
Устройство для получения аэрозоля	Дисковый распылитель
Частота вращения диска распылителя, мин <sup>-1</sup>	2910
Мощность электродвигателя, кВт	5,5
Габариты, мм	3200×3200×3040
Масса, кг	7300

Аппарат раздельного кондиционирования пульпы АРКП состоит из кондиционера, смесителя и пульподелителя. Пульпа под дав-

лением тангенциально подается в цилиндрическую часть кондиционера. Под действием центробежной силы твердая фаза пульпы классифицируется на две фракции. Крупные частицы отбрасываются к стенкам корпуса, а затем направляются в нижнюю его часть, откуда турбинкой засасываются в центральную трубу вместе с реагентами, поступающими через форсунку. Наиболее крупные частицы отводятся ловушкой в рециркуляционную трубу для повторной обработки реагентами. Мелкие частицы концентрируются у центральной трубы и отводятся из корпуса через специальный патрубок. Обработка мелких частиц реагентами происходит путем передачи избытка реагентов с поверхности крупных частиц при смешивании потоков крупных (обработанных реагентами) и мелких частиц в смесителе.

Применение аппарата позволяет увеличить выход флотоконцентрата в среднем на 1,6% и зольность отходов на 6-13% за счет увеличения верхнего предела крупности флотируемого материала и эффективности флотации крупных и мелких частиц, снизить остаточную концентрацию реагентов в отходах в 4-7 раз и зольность концентрата на 0,1%.

#### Техническая характеристика аппарата АРКП

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	до 2000
Диаметр кондиционера, мм	1400
Крупность разделения по классу, мм	0,2-0,3
Частота вращения турбины, мин <sup>-1</sup>	до 800
Угол наклона кондиционера, градус	30-40
Содержание твердого в исходной пульпе, г/л	250
Давление пульпы на входе, Па	1000

Пеногасители применяются для удаления воздуха из пенного продукта (для разрушения пены). Многие реагенты способствуют созданию чрезмерно устойчивой и вязкой пены, а угольные частицы, в свою очередь, стабилизируют пузырьки пены. Устойчивая же пена мешает работе вакуум-фильтров и центробежных насосов, перекачивающих пенный продукт.

Пена разрушается механическим, вакуумным или комбинированным вакуумно-механическим методами.

Механическое пеногашение осуществляется с помощью лопастей, закрепленных на вертикальном валу, которые при быстром вращении вала разрушают пену. Вакуумное пеногашение происходит в специальных вакуумных пеногасителях, в которых величина разрежения поддерживается в пределах 27-40 кПа. Благодаря создаваемому вакууму пузырьки воздуха выделяются и пена разрушается. Достоинством вакуумного пеногашения является его эффективность, а недостатками - сложность системы, высокая энергоемкость, большие капитальные и эксплуатационные затраты.

Комбинированный вакуумно-механический способ пеногашения состоит в сочетании действия вакуума и удара о механическую преграду.

Процесс флотации угольного шлама - сложный процесс вследствие большого числа влияющих на него факторов.

К наиболее существенным относятся:

факторы, связанные со свойствами твердой фазы (степень углефикации, петрографический состав, степень окисленности, характер вкрапления пустой породы, гранулометрический состав, форма частиц угля, наличие размокаемых глинистых включений);

факторы, связанные со свойствами жидкой фазы пульпы (содержание твердого в пульпе, температура пульпы, аэрированность пульпы и наличие в пульпе флокулянтов);

факторы, связанные с конструкцией и работой флотационных машин и вспомогательного оборудования (число флотационных камер и их вместимость; частота вращения импеллера, площадь пенообразования);

факторы, связанные со свойствами флотационных реагентов;

факторы, связанные со схемами и режимами флотации.

Перейдем к рассмотрению указанных факторов.

**Степень метаморфизма (углефикации).** Практикой флотации установлено, что лучше флотируются угли средней стадии метаморфизма, так как они обладают минимальной пористостью.

**Петрографический состав.** Блестящие разновидности углей флотируются лучше матовых. Это объясняется более высокой природной гидрофобностью этих разновидностей. В связи с чем блестящие разновидности флотируются в начале процесса, а матовые в конце. Поэтому флотацией можно добиться некоторого петрографического обогащения углей.

**Степень окисленности.** Окисленные угли флотируются хуже неокисленных. При небольшом окислении поверхности углей положительное действие оказывает применение реагентов, содержащих молекулы типа спиртов. Окисленный шлам требует большого времени флотации. Свойства шлама (степень метаморфизма, петрографический состав, окисленность и гидрофобность поверхности) не контролируются, они изучаются в лаборатории в пусконаладочный период.

**Характер вкрапления пустой породы.** В настоящее время на флотацию поступает большое количество труднообогатимых шламов, т.е. сростков угля с породой, что значительно усложняет технологию флотации. Наличие тонкой вкрапленности неорганических минералов определяет трудность флотационного обогащения, что можно судить по фракционному составу питания угольной флотации.

**Гранулометрический состав** является важным фактором, определяющим эффективность процесса флотации. С уменьшением крупности шлама увеличивается вероятность механического уноса породных частиц в пенный продукт и, следовательно,

вероятность повышения зольности концентрата. При наличии избыточного количества крупных частиц увеличиваются потери низкозольного угля с отходами флотации. Крупность шлама влияет на расход реагентов. С уменьшением размеров твердых частиц увеличивается общая площадь их поверхности и соответственно количество реагента-собирателя, а также увеличиваются время флотации и объем пенного продукта, и тогда подача питания уменьшается.

Оптимальной крупностью зерен угля в питании флотации считается размер от 0,02 до 1,0 мм, причем наилучшей флотируемостью обладают частицы класса 0,25-0,5 мм. При флотации этого класса крупности в условиях оптимальной плотности пульпы и концентрации реагентов получается наиболее нагруженная пена (515 г/л). В связи с этим, а также из-за относительно высоких эксплуатационных затрат на флотацию следует направлять только класс 0-0,5 мм, учитывая, что зерна угля крупностью 0,5-1,0 мм могут сравнительно успешно обогащаться более дешевыми гравитационными методами.

В технологии флотации углей большое значение имеет поведение частиц крайних флотационных размеров (самых крупных и тончайших). Известно, что крупные классы флотационных концентратов являются наименее зольными, т.е. крупные частицы породы не попадают в пену. Зольность же тонких классов концентрата, как правило, является наиболее высокой. В то же время основные потери угля с отходами происходят в виде крупных частиц: крупные чистые зерна угля извлекаются при флотации неполностью.

Таким образом, крупные частицы угля флотируются избирательно, но недостаточно полно, а тонкие классы - неселективно. Кроме того, тонкие шламы обычно значительно ухудшают весь процесс флотации углей. Шламы часто заметно снижают скорость флотации в первых камерах флотационных машин. Вследствие своей огромной удельной поверхности они занимают большую часть поверхности пузырьков, затрудняя флотацию относительно крупных зерен угля.

Вообще же при флотации крупных частиц угля большое значение приобретает флотация с помощью группы мелких пузырьков, закрепившихся на этой частице. Флотировать крупную частицу с помощью одного, даже крупного пузырька невозможно по следующей причине. С увеличением размера зерна угля его масса и, следовательно, сила его отрыва от пузырька возрастают пропорционально кубу его поперечного размера. Прочность же прилипания, определяемая при прочих равных условиях длиной трехфазного контакта, пропорциональна первой степени поперечного размера зерна угля. Поэтому при флотации крупных частиц одним пузырьком силы отрыва настолько преобладают над прочностью прилипания, что частица отрывается.

Следует отметить также, что очень крупные пузырьки неустойчивы. В случае же, когда на крупной частице находится

группа мелких пузырьков, суммарный объем которых позволяет поднять частицу в пену, положение существенно изменяется. Общая длина трехфазного контакта всех пузырьков значительно возрастает и отрывающие усилия на единицу длины этого контакта уменьшаются. В результате крупные частицы переходят в пену.

Что касается поведения тонких частиц, то следует отметить, что при флотации углей потери тонких классов в отходах незначительны. Наиболее тонкие классы в отходах - частицы менее 0,2 мм являются наиболее зольными.

Большое значение при угольной флотации имеет влияние тонких шламов на флотацию относительно крупных частиц. Обычно наблюдается такая закономерность - угольные шламы не ухудшают флотацию, а глинистые резко понижают показатели флотации. Отделить перед флотацией тончайшие шламы (менее 0,02 мм) практически не представляется возможным, но улучшить качество концентрата при наличии большого количества глинистых шламов можно осторожным орошением пенного слоя водой или растворами реагентов-регуляторов.

**Форма частиц угля.** Форма, а также положение частицы в момент соприкосновения ее с пузырьком воздуха, играет большую роль. Так, плоские частицы при соприкосновении с пузырьком плоскостью наибольшего сечения должны закрепиться лучше, чем шарообразные зерна или частицы другой формы, но соприкоснувшиеся с пузырьком небольшим участком своей поверхности. Следует также отметить, что плоские частицы угля, хорошо закрепившиеся на воздушных пузырьках, способствуют стабилизации пены.

**Наличие размокаемых глинистых включений.** Глинистое вещество представлено различными минералами. Они очень часто заполняют мельчайшие трещины, образуя в них агрегаты тончайших чешуек. Глинистые минералы легко размокают в воде, образуя огромное число тончайших глинистых шламов, которые нарушают процесс флотации.

**Содержание (концентрация) твердого в пульпе.** Влияние плотности пульпы на флотацию весьма существенно и многообразно. Для получения качественных продуктов флотации следует применять жидкую пульпу (менее 100 г/л), хотя при этом общее извлечение уменьшается. Максимальный выход концентрата достигается при более высокой плотности пульпы, но при этом повышается ее вязкость и качество концентрата резко ухудшается. Это объясняется механическим выносом породных включений в пену. Жидкие пульпы считаются лучшими для флотации тонкозернистых угольных шламов, так как в этом случае уменьшается механический вынос породных частиц в пену. При флотации крупнозернистого материала пульпа должна быть плотнее, чем при флотации тонкого материала, хотя флотация тонких частиц угля протекает активнее в плотных пульпах, но с меньшей селективностью, а крупных - в разбавленных.

Снижение концентрации твердого в пульпе усиливает избирательность действия и обеспечивает повышенную частоту первичной пены. Однако при этом не всегда получаются два кондиционных продукта. Оптимальная концентрация пульпы, подаваемой на флотацию, в значительной мере определяется содержанием в ней частиц мельчайших размеров (класс 0-0,1 мм), особенно коллоидной глины, она зависит от заданной зольности флотационного концентрата.

Особо тонкий материал требует большого разжижения. Чем плотнее пульпа, тем более зольным окажется концентрат и несколько менее зольными будут хвосты. При разбавленных пульпах увеличивается расход реагентов.

Плотность пульпы оказывает существенное влияние на ход технологического процесса. Повышение плотности способствует увеличению производительности флотационных машин, однако одновременно происходит увеличение зольности концентрата за счет механического выноса плотной пеной частиц минеральных примесей. В каждом отдельном случае в зависимости от зольности исходного продукта, флотиремости и требований к концентрату определяется оптимальная плотность. Разжижение должно быть тем больше, чем больше тонких частиц угля в пульпе и чем выше ее зольность. Работа на разбавленных пульпах может быть рекомендована при наличии достаточного фронта флотации и фильтрации.

В промышленных флотационных машинах плотность пульпы меняется от камеры к камере из-за значительного выхода концентрата при флотации углей, причем наибольшее разжижение наблюдается в последних камерах по мере удаления пенного продукта из предыдущих камер. Это разбавление пульпы по ходу флотации влечет за собой улучшение флотации крупных частиц, что хорошо наблюдается на практике: пока в первых камерах машин не сфлотируются тонкие шламы и не понизится плотность пульпы, крупные зерна угля не флотируются и их наибольший выход наблюдается в последних камерах. При налаженном режиме в этих камерах удается флотировать зерна угля значительной крупности (до 2 мм). Для получения оптимальных результатов флотации следует поддерживать плотность в пределах 60-180 г твердого на 1 л пульпы. Содержание в пульпе твердого обязательно должно расшифровываться, ибо по нему только относительно оценивается флотируемая пульпа.

Если содержание в пульпе 70 г/л глины является очень вредным для угольной флотации, то содержание в ней 200 г/л чистого угольного шлама такого вредного влияния не оказывает, но резко увеличивают объем пены и уменьшает ее минерализацию. На практике содержание твердого в пульпе, поступающей на флотацию, колеблется от 60 до 200 кг/м<sup>3</sup>. При большей плотности, соответствующей 20% твердой фазы, наблюдается снижение аэрации пульпы, скорости и селективности процесса.

Температура пульпы имеет особенно большое значение для флотационных реагентов, растворимость и активность которых увеличиваются с повышением температуры. Подогрев пульпы горячим воздухом влияет на флотацию положительно, не только благодаря улучшению действия реагентов, но и из-за уменьшения вязкости пульпы. Все это увеличивает скорость флотации, улучшает качественно-количественные показатели флотационного обогащения, в том числе повышает производительность флотационных машин на 15-20%.

Аэрированность пульпы определяется тремя факторами: содержанием пузырьков воздуха в единице объема пульпы, дисперсностью пузырьков воздуха и равномерностью распределения пузырьков в пульпе. Чем выше эти показатели, тем интенсивнее осуществляется флотация. При недостаточной аэрации снижается скорость флотации, при избыточной - скорость флотации возрастает, но в ущерб селективности, так как флотация осуществляется крупными воздушными пузырьками. При концентрации твердой фазы 100-180 кг/м<sup>3</sup> оптимальная аэрация пульпы составляет 25-30%.

Для машины заданной конструкции и при постоянном составе питания имеется вполне определенная оптимальная аэрация пульпы, которая определяется экспериментально во время наладки процесса.

При флотации шламов оптимальная аэрация пульпы будет иметь место при разбавленной (считая по массе твердой фазы) пульпе. Оптимум плотности пульпы угольной флотации будет колебаться от 10 до 17% твердой фазы по массе. При недостаточной аэрации снижается скорость флотации, при избыточной - скорость флотации возрастает, но в ущерб селективности, так как флотация осуществляется тогда более крупными пузырьками.

pH пульпы влияет в основном на свойства пены. Так, в кислой среде пена обычно быстро разрушается, а щелочная среда способствует лучшему пенообразованию. Обычно флотация угольных шламов протекает в нейтральной среде (pH примерно 7). Практика флотации показала, что в кислой среде можно успешно флотировать уголь катионными реагентами. Небольшие изменения pH пульпы, имеющие место на фабрике, на результаты флотации влияют незначительно и поэтому не контролируются.

Флокулянты. Для улучшения осветления оборотной воды на фабриках широко применяют флокулянты. В настоящее время используют полиакриламид и "Метас". Большую роль играет вид использования флокулянта - в виде водного раствора с содержанием полимера 3-5%, в виде порошка или жидких (эмульсионных) полимеров с содержанием собственно полимера до 50%. В последнем случае полимер представляет собой высококонцентрированный водный раствор, эмульгированный в специальных углеводородах. Эмульсионные полимеры оказывают меньшее отрицательное воздействие на показатели флотации, чем другие.

Факторы, связанные с работой флотационных машин и вспомогательного оборудования. Большое значение для получения оптимальных показателей имеет правильная эксплуатация оборудования флотационной установки, их своевременный ремонт и модернизация. Наиболее перспективным путем улучшения работы является автоматизация процесса флотации, позволяющая вести его устойчиво в оптимальных условиях.

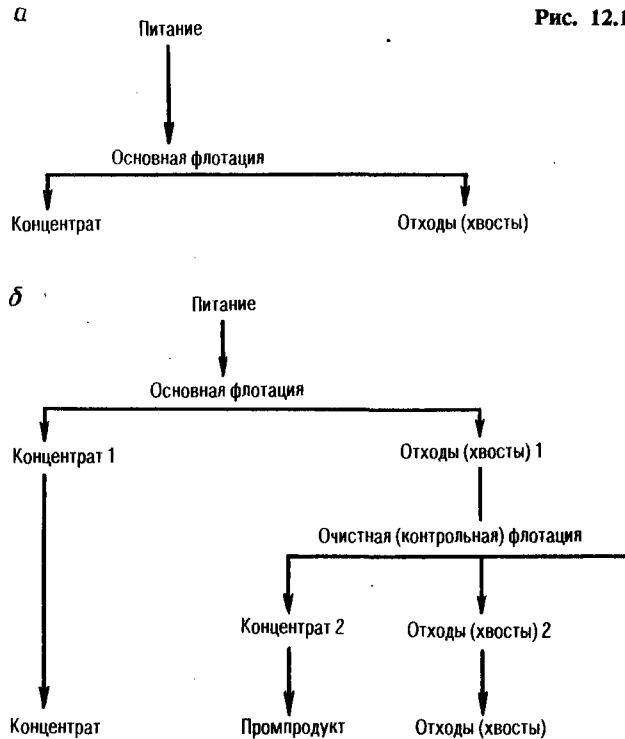
Факторы, связанные со свойствами флотационных реагентов. Типы реагентов, расход и способ их подачи (дробная или единовременная) должны подбираться в соответствии со свойствами конкретных углей, поступающих на фабрику. Расход собирателя дозируется по расходу твердого (сухого шлама), а расход вспенивателя - по расходу пульпы.

Факторы, связанные со схемами флотации. Выбор оптимальной технологической схемы флотации угля зависит от многих факторов: зольности и степени метаморфизма исходного угля, а также его флотационной активности, требуемого качества конечных продуктов флотации, гранулометрической характеристики исходного материала, особенно содержания тонких классов, вторичного шламообразования во флотационной машине, содержания промежуточных фракций и степени раскрытия сростков, петрографической характеристики, состава и дисперсности примесей неорганических минералов и, особенно, наличия размокающего глинистого материала, качества воды, подаваемой на флотацию, характеристики флотационных машин и их приспособленности к перечистным операциям, производительности флотационного отделения и других технико-экономических показателей.

Следует отметить, что принято употреблять следующие термины для обозначения операций флотации: *основная флотация* - для флотации исходной пульпы, *перечистная флотация* - для флотации пенного продукта (концентрата) основной флотации и *очистная (контрольная) флотация* - для флотации камерного продукта (отходов) основной флотации.

При флотации малозольных легкофлотируемых углей в жидких пульпах рекомендуется применять однооперационную схему, включающую в себя лишь основную флотацию с получением двух конечных продуктов - концентрата и отходов (рис. 12.11, а). При наличии в исходном шламе значительных количеств промежуточных фракций, представленных неподдающимися раскрытию сростками угля с минеральными примесями (карбоминеритами) и пиритизированным фузеном, при высокой производительности флотационного отделения и стремлении полностью использовать угольные шламы с получением достаточно чистого концентрата экономически целесообразно применить схему с контрольной (очистной) операцией флотации, при которой второй концентрат (пенный продукт контрольной флотации) выделяется как промпродукт (рис. 12.11, б). При применении этой схемы зольность отходов повышается примерно на 5%.

Рис. 12.11. Схемы флотации



Для углей средней флотируемости, если пенный продукт последних камер флотационной машины представлен механической смесью угольных и породных зерен, а засорение происходит за счет глинистой породы, рекомендуется применять схему с очистной (контрольной) операцией флотации и направлением пенного продукта этой операции (промпродукта) в голову процесса. Число камер, выделяемых для основной и очистной (контрольной) операций флотации, подбирается по результатам лабораторных и промышленных опытов.

Иногда применяют схемы с перечисткой концентрата основной флотации для получения окончательного концентрата требуемой зольности. В некоторых случаях на перечистку направляют только часть концентрата основной флотации.

Факторы, связанные с режимами флотации. В практике флотации реагентный режим, т.е. дозировка реагентов, является основным средством регулирования качества продуктов флотации. В зависимости от характеристики исходной пульпы и типа реагента расход пенообразователя колеблется от 30 до 200 г на 1 т обогащаемого шлама (по твердому), а расход собирателя - от 800 до 2000 г/т. На расход реагента влияют темпера-

турные условия. Так, понижение окружающей температуры приводит к повышению вязкости реагентов и увеличению их расхода.

Степень аэрации пульпы характеризуется концентрацией воздушных пузырьков в пульпе и их крупностью (дисперсностью). С увеличением определенного предела насыщения пульпы воздушными пузырьками повышается эффективность флотации, так как увеличивается вероятность контакта пузырьков с твердыми частицами. Избыточная аэрированность пульпы вызывает бурление на поверхности и ухудшение качества пенного продукта. Благоприятное влияние на результаты флотации оказывает уменьшение крупности воздушных пузырьков, так как мелкие пузырьки более прочно закрепляются на поверхности угольных частиц, не сливаются в пульпе в крупные пузырьки, обеспечивают повышенную устойчивость пены.

Степень и равномерность аэрации пульпы зависят от конструктивных особенностей флотационной машины: скорости вращения импеллера, его устройства, способа подачи воздуха в машину. Объем флотационных камер влияет на общую производительность машины, так как удельная производительность флотационных машин примерно постоянна и составляет 0,8-1,0 т шлама на 1 м<sup>3</sup> объема.

Площадь пенообразования и число камер в машине оказывают влияние как на производительность, так и на эффективность процесса. С увеличением числа последовательно работающих флотационных камер увеличивается степень извлечения чистого угля в пенный продукт. На аэрацию пульпы влияют нерегулируемые параметры - конструкция аэратора и размеры камеры. Регулируемые: зазоры между лопатками импеллера и статором, подача воздуха, расход вспенивателя, интенсивность перемешивания пульпы, плотность пульпы, число оборотов импеллера.

При снижении частоты вращения импеллера из-за недостаточного натяжения приводных ремней уменьшаются интенсивность перемешивания и аэрированность пульпы. Увеличение вследствие износа торцевого и радиального зазоров между импеллерами и корпусом статора непременно приводит к уменьшению количества засасываемого в пульпу воздуха. Аэрация немного снижается и с повышением плотности пульпы, особенно при содержании твердого более 20%, из-за торможения воздушных пузырьков. Увеличение расхода вспенивателя немного снижает аэрированность пульпы, отчасти из-за его влияния на форму пузырьков и соответственно на скорость их подъема.

В допустимых пределах увеличение расхода вспенивателя оказывается полезным, потому что способствует образованию большего количества мелких пузырьков и вследствие этого - повышению скорости и селективности процесса.

Режим разгрузки продуктов флотации подбирается с таким расчетом, чтобы качество продуктов при их выводе из машины не ухудшалось. Качество пенного продукта зависит от скорости

его съема и глубины погружения скребков пеносъемного устройства. При излишне быстром съеме пены или при слишком большой глубине ее захвата повышается засорение концентрата породными частицами. Чрезмерное замедление пеносъема приводит к увеличению потерь угля с отходами флотации. Скорость выпуска из машины отходов влияет на уровень пульпы в камерах машины и, следовательно, на глубину погружения скребков пеносъемников.

Для угольных шламов различной степени метаморфизма, окисленности и крупности необходимо применять различные, наиболее оптимальные для каждого конкретного случая флотации, технологические режимы и схемы.

## 12.5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Пуск флотационной установки начинается с пуска вспомогательного оборудования - насосов, фильтров и пеногасителей за исключением аппаратов подготовки пульпы, контактных чанов и реагентных питателей, которые включаются уже после пуска флотационных машин. Прежде чем пускать флотационные машины проверяют, свободно ли вращаются импеллеры в камерах, для чего поворачивают вручную шкив вала импеллера. Если вал не поворачивается, то это значит, что в зоне импеллера осел шлам, что обычно бывает после предыдущей аварийной остановки машины. Тогда надо промыть зону импеллера. Только убедившись в свободном вращении вала можно включать электродвигатель импеллера первой камеры. После заполнения камеры на три четверти объема включается подача реагента. С появлением перелива включается импеллер следующей камеры и т.д. Пеносъемники включаются в работу после образования в камере пенного слоя.

Если в схеме флотации имеется, кроме основной, перечистная флотация, то раньше пускают машины перечистной, а уже затем основной флотации. При обнаружении стука, пробуксовывания приводных ремней и т.п. флотационную машину до устранения неполадок не разрешается пускать в работу.

Остановка машин производится только после полного прекращения поступления питания и "выработки" всей пульпы, иначе шлам осядет и машину будет очень трудно снова пустить в работу.

Остановка оборудования флотационной установки производится в обратной последовательности, а именно - вначале останавливают аппараты подготовки пульпы (или контактные чаны) и реагентные питатели. После выработки машин в первую очередь останавливают машины основной флотации, а затем перечистной. В последнюю очередь останавливают пеногасители, фильтры и насосы. Пуск и остановка могут быть местными и дистанционными.

Режим работы флотационных машин зависит от характеристики питания: содержания твердого в пульпе, содержания тонких шламов и их зольности. Содержание твердого в пульпе влияет на производительность флотационных машин и показатели их работы. Уменьшение концентрации твердого в питании при постоянной подаче питания приводит к снижению производительности флотомашин и увеличению извлечения твердого в концентрат. При этом из-за повышенного расхода собирателя часто увеличивается зольность концентрата, т.е. при изменении концентрации твердого в питании необходима соответствующая регулировка расхода реагентов.

Попытка стабилизировать производительность машины по твердому увеличением подачи пульпы может расстроить процесс, так как нарушается гидроаэродинамический режим работы флотомашин. Увеличение подачи питания, даже в допустимых пределах, требует корректировки реагентного режима (расхода пенообразователя).

Повышенное содержание в питании тонких высокозольных частиц приводит к снижению производительности флотомашин и селективности процесса разделения. Зольность питания влияет на зольность и выход продуктов обогащения. Как правило, при повышении зольности питания зольность концентрата повышается, а его выход снижается. Для улучшения показателей флотации высокозольного шлама производительность флотационных машин обычно уменьшают.

Во время работы флотационных машин необходимо контролировать равномерность подачи пульпы и соблюдение реагентного режима. При увеличении подачи питания ухудшается качество флотационного концентрата. При этом минерализованная пена исчезает из первых камер и появляется в последующих в объемах, больше требуемых, т.е. процесс как бы перемещается к хвостовым камерам. При обнаружении такого распределения пены необходимо уменьшить подачу питания или несколько увеличить расход реагентов.

При недогрузке флотационных машин также ухудшается качество концентрата, так как при этом аэрационная характеристика машины и реагентный режим остаются, как правило, без изменения. В этом случае число воздушных пузырьков и флотационных реагентов на 1 т обогащаемого шлама увеличивается и в пенный продукт выносятся более зольные частицы. Несколько улучшить качество концентрата можно уменьшением расхода реагентов. Однако при этом могут возрасти потери шлама с отходами флотации.

Следует помнить, что частое изменение расхода реагентов может привести к нарушению процесса флотации. Поэтому к изменению установленного режима следует прибегать лишь в крайних случаях.

К таким случаям можно отнести резкое увеличение выхода плохо минерализованной пены, содержащей большое число от-



носителем крупных пузырьков воздуха. Причина этого явления - повышенный расход вспенивателя или попадание смазочных масел в машину. При появлении плохо минерализованной пены не только ухудшаются качественно-количественные показатели работы флотационной машины, но и нарушаются процессы пеногашения, транспортирования пены, ухудшаются технологические показатели фильтрования.

Устранить плохо минерализованную пену можно с помощью резкого уменьшения подачи вспенивателя, временного прекращения его подачи или сокращения съема пенного продукта после понижения уровня пульпы в машине. После исчезновения обильной пены в камерах машины следует восстановить оптимальный реагентный режим.

Одним из главных факторов, определяющих показатели флотации, является уровень пульпы в камерах, легко регулируемый шибберными устройствами. При низком уровне пульпы в камерах и неполном съеме пенного продукта увеличивается внутрикамерная циркуляционная нагрузка, уменьшается время флотации и, как следствие, ухудшается качество отходов флотации. Внешне это проявляется увеличением выхода пенного продукта в последних камерах и даже появлением пены в отходах флотации. Чрезмерный подъем уровня пульпы недопустим, так как ее избыток переливается в пенный желоб, и это, как правило, является причиной резкого повышения зольности концентрата флотации. Перелив пульпы в пенный желоб возникает также при зашламовке камер, при повышенном расходе питания.

Нормальный уровень пульпы в камерах машины, особенно первых определяется наличием небольшого слабоминерализованного слоя пены, так называемого "подпенка", остающегося в камере после съема основной массы хорошо минерализованной пены. Высота слоя "подпенка" не должна быть менее 10-12 мм.

Особое внимание следует уделять регулировке уровня пульпы в головных камерах машины. Толщина слоя пены зависит от состава питания, расхода вспенивателя и уровня пульпы в камерах. Чем тоньше шлам и больше расход вспенивателя, тем выше поднимается пена. Опуская уровень пульпы, так же можно "набрать" толстый слой пены. Его величина регулируется хвостовым шиббером по всей машине. Своевременное быстрое удаление пены способствует сокращению времени флотации и потерь угля с отходами. В этом отношении важно постоянно следить за исправностью пеногонов и системы орошения пены при ее наличии.

Внешние признаки нормального технологического процесса при визуальном контроле: отсутствие бурления в камерах и перелива пульпы в пенный желоб; выделение хорошо минерализованной пены, выход которой уменьшается от первых камер к последней; цвет пульпы под пенным слоем изменяется от черного до желтоватого в последних; отходы флотации - желтые, так как в них собирается примерно 75% всего концентрата

флотации. Поэтому необходимо добиваться максимального выхода пенного продукта в первых камерах машины, не допуская при этом захвата скребками пеногона несфлотированного шлама.

Нарушение нормального технологического режима флотации может явиться следствием механических неполадок обычно в результате: ослабления приводных ремней и уменьшения в связи с этим частоты вращения импеллера; увеличения зазора между импеллером и статором при чрезмерном износе импеллера; забивки шламов воздушного патрубка или камеры. Эти неисправности следует немедленно устранять. Зазор между лопатками импеллера и статором должен быть равен 6-8 мм и не превышать 10 мм. Шиберы для регулирования уровня пульпы в камерах должны плотно сидеть в пазах, но легко перемещаться. Приводные ремни вала импеллера всегда должны быть в полном комплекте и туго натянуты.

Особое внимание следует обращать на состояние пеногона. Комплект скребков всегда должен быть полным, так как при их отсутствии возрастают потери угля с отходами и снижается производительность машины.

Наиболее оптимальная работа машин при флотации углей обеспечивается при соблюдении следующих параметров:

- содержание твердого в исходном питании от 60 до 150 кг/м<sup>3</sup>;
- содержание в исходном питании класса менее 0,1 мм не более 25%;
- содержание в исходном питании класса более +0,5 мм не более 3%;
- отсутствие в исходном питании класса более +1,0 мм;
- соблюдение технологического процесса подготовки пульпы перед флотацией.

Контроль технологического процесса флотации включает определение параметров пульпы (концентрация твердого, расход), гранулометрического состава исходного шлама, расхода и схемы подачи реагентов, степени аэрированности пульпы, качественно-количественных показателей обогащения.

Так как характеристика шламов, флотационные реагенты и схемы флотации на разных фабриках различны, поэтому на каждой из них составляют режимную карту и технологическую инструкцию по эксплуатации флотационной установки применительно к местным условиям. От правильного и квалифицированного обслуживания флотомашин зависят качественно-количественные показатели их работы и фабрики в целом.

В табл. 12.1 приведены возможные неполадки при эксплуатации флотационных машин, их причины и способы устранения.

Перед пуском аппарата АКП-1600 в работу необходимо проверить состояние оросителя в корпусе колонны, открыв для этого соответствующий люк. Забитые отверстия оросителя нужно очистить. Следует проверить работу гидравлического клапана. При его нормальной работе вода в небольших количествах сте-

## Неполадки при работе флотационных машин и способы их устранения

Нарушение	Причина	Способ устранения
Сильное "бурление" на поверхности пульпы	Избыточная подача воздуха в камеру	Отрегулировать подачу воздуха в камеру
Повышение зольности концентрата	Перебои в подаче питания Перелив пульпы с нефлотированным шламом в желоб	Отрегулировать подачу питания и уровень пульпы Снизить уровень пульпы в камерах
Потемнение отходов флотации	Увеличение содержания твердого в питании	Увеличить объем воды или фильтрата, подаваемых для разбавления питания, снизить содержание твердого в пульпе
	Чрезмерная подача питания	Уменьшить питание до нормы
	Отсутствие или недостаточный расход реагентов	Отрегулировать реагентный режим
	Снижение уровня пульпы в камере, недостаточный сьем пенного продукта	Увеличить пеносъем подъемом уровня пульпы в камерах
Избыток пенного продукта в хвостовых камерах	Перегрузка машины исходным шламом	Снизить питание до нормы
Чрезмерное выделение слабоминерализованной пены	Повышенный расход вспенивателя	Отключить либо резко уменьшить расход вспенивателя, понизить уровень в камерах; уменьшить сьем пенного продукта
	Попадание в пульпу машинного масла	Устранить попадание в пульпу машинного масла, понизить уровень в камерах, уменьшить сьем пенного продукта
	Уменьшить содержание твердого в питании	Отрегулировать содержание твердого в питании либо привести в соответствие расход реагентов
Недостаток либо полное отсутствие пены на поверхности	Уменьшение скорости вращения вала импеллера из-за проскальзывания ремней Чрезмерный износ импеллера	Натянуть ремни или заменить их новыми
	Зашламовка воздушного патрубка или центральной трубы	Заменить импеллер новым
	Зашламовка камеры	Расшламовать воздушный патрубок или центральную трубу
	Недостаточный расход реагентов	Остановить машину и расшламовать камеру Отрегулировать подачу реагентов в соответствии с режимной камерой

кает по наружной трубе в распределитель пульпы и через переливную трубу в клапане - внутрь колонны.

Гидрозатвор устанавливают с помощью специального винта и гайки, чтобы во время работы аппарата в колонне сохранялся требуемый объем воздуха (подсасывался из атмосферы или удалялся через клапан). После этого все люки плотно закрывают. Перед подачей в аппарат питания открывают необходимое число поворотных заслонок и запорных клапанов распределителя пульпы, проверяют состояние дозатора реагентов АДРМ и закрывают все спускные краны.

После открытия кранов на гидравлическом клапане и оросителе подают пульпу, включают электродвигатель аппарата приготовления аэрозоля и регулируют подачу реагентов. Расход реагентов проверяют по уровню в камерах и в щелях специально отградуированных пластинок. Ширину щели выбирают в зависимости от вязкости реагента и его расхода. Расход реагента контролируется с помощью мерных емкостей.

В аппарате АКП-1600 необходимо не реже одного раза в неделю очищать верхнюю решетку и не реже одного раза в две недели - нижнюю решетку. Решетки очищают через специальные люки при остановке аппарата. Не реже одного раза в неделю осматривают и при необходимости очищают полости аппарата приготовления аэрозоля. Систему подачи воды оросителем и гидравлическим клапаном необходимо проверять ежедневно.

При эксплуатации оборудования флотационной установки должны строго соблюдаться правила техники безопасности и промышленной санитарии. Кроме общих правил техники безопасности, относящихся к технологии и оборудованию, также важны правила безопасного обращения с реагентами, которые обычно содержатся в технических условиях.

Используя для обогащения углей флотационный метод, нельзя забывать о влиянии продуктов флотации на окружающую среду. Обратные воды, возвращаемые в технологический процесс, также должны подвергаться очистке, так как наличие в них различных загрязнений, в том числе и флотационных реагентов, может нарушить технологию обогащения.

Для очистки сточных вод используются методы механические, физико-химические и биологические. Для ликвидации болезнетворных бактерий в этих водах применяют их дезинфекцию (обеззараживание). Применяемые методы очистки производственных вод углеобогащительных фабрик должны обеспечить выполнение следующих задач: максимальное использование этих вод в качестве оборотных; минимальный сброс сточных вод, даже очищенных от вредных примесей, в водоемы и наиболее полное извлечение ценных примесей и, в частности, угольных частиц.

1. На каком физическом свойстве основан процесс флотации?
2. Какие условия необходимы для осуществления флотации и какова область применения этого процесса?
3. Какие реагенты применяются при флотации углей, какова их роль?
4. Как устроена и действует механическая флотационная машина?
5. Какое вспомогательное оборудование входит в состав флотационных установок?
6. Какие факторы влияют на флотацию углей?
7. Как регулируется процесс флотации?
8. Какие основные требования по технической эксплуатации флотационных машин?

Г л а в а 13

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

13.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Если на машине осуществляется разделение угля на два продукта по плотности  $1500 \text{ кг/м}^3$ , то теоретически все фракции угля плотностью ниже  $1500 \text{ кг/м}^3$  должны попасть в один продукт - концентрат, а фракции плотностью больше  $1500 \text{ кг/м}^3$  в другой продукт - отходы. Практически так не бывает, часть угольных фракций попадает в отходы и часть породных фракций - в концентрат, т.е. в процессе обогащения угля происходит некоторое перераспределение этих фракций между первым и вторым продуктами.

*Технологическая эффективность процесса обогащения* означает степень точности, с которой произведено разделение компонентов, или степень частоты продуктов обогащения. Она показывает, насколько близки практические результаты к теоретически возможному, т.е. насколько точно фракции различной плотности распределились по конечным продуктам. Качество конечных продуктов тем выше, чем они меньше засорены посторонними фракциями и ниже потери легких и средних фракций в породе.

В качестве критерия для оценки гравитационного обогащения используется фракционный состав как исходного материала, так и продуктов обогащения. Фракционный состав наиболее объективно и полно характеризует точность разделения исходного материала по плотности.

Наиболее простой способ оценки процессов обогащения - определение их эффективности по содержанию в продуктах обогащения посторонних фракций.

При оценке углей, используемых для коксования, к легким фракциям обычно относят фракции плотностью менее  $1500 \text{ кг/м}^3$ , а к тяжелым - фракции плотностью более  $1800 \text{ кг/м}^3$ .

Обогащение в тяжелых средах в двухпродуктовых сепараторах

Плотность разделения $\text{кг/м}^3$	Плотность фракций в засоряющих, $\text{кг/м}^3$		Засорение посторонними фракциями, %		Потери с отходами, %
	концентрат	промпродукт, отходы	концентрат	промпродукта	
1350-1400	> 1400	1400	5-6*	6-10	-
1450-1500	> 1500	1500	2-3	6-8	-
1700	> 1700	1700-1400 (антрацит < 1700)	0,8-2,0	-	0,2-0,8
1800	> 1800	1800-1400 (антрацит < 1800)	0,6-1,5	-	0,3-1,0
1900	> 1900	1900-1500 (антрацит < 1900)	0,8-1,5	-	0,5-1,2
2000	> 2000	2000-1500 (антрацит < 2000)	1-1,5	-	0,6-1,5

\* В том числе фракций плотностью свыше  $1600 \text{ кг/м}^3$  не более 0,3%.

Так, при разделении исходного угля на три продукта для коксования посторонними для концентрата являются фракции плотностью более  $1500 \text{ кг/м}^3$ , для промпродукта - менее  $1500 \text{ кг/м}^3$  и более  $1800 \text{ кг/м}^3$ , для отходов - менее  $1800 \text{ кг/м}^3$ . При разделении исходного угля на два продукта для энергетики посторонними для концентрата являются фракции плотностью более  $1800 \text{ кг/м}^3$ , для отходов - менее  $1800 \text{ кг/м}^3$ . При разделении антрацита на два продукта посторонними для концентрата являются фракции плотностью более  $1900 (2000) \text{ кг/м}^3$ , для отходов - менее  $1900 (2000) \text{ кг/м}^3$ .

На основании многолетней практики с учетом совершенствования техники и технологии разрабатываются нормы содержания посторонних фракций в продуктах обогащения для обогатительных аппаратов в зависимости от плотности разделения, крупности и обогатимости угля, количества выделяемых конечных продуктов и конкретной технологии. Таким образом, эти показатели являются нормируемыми и определяются в результате экспресс-анализа продуктов обогащения.

Рекомендуемые засорения продуктов посторонними фракциями (в процентах от продукта) при обогащении в тяжелых средах, в отсадочных машинах (с выделением трех и двух продуктов), крутонаклонных сепараторах и пневматическим методом приведены в табл. 13.1-13.4.

В тех случаях, когда фактические засорения продуктов

## Обогащение в отсадочных машинах типа ОМ с выделением трех продуктов

Обога- тимость угля по ГОСТ 10100	Содержание посторонних фракций, % продукта					
	в концентрате		в промпродукте		в отходах	
	средних	тяжелых	легких	тяжелых	легких	средних
	Каменный уголь > 10(13) мм					
Легкая	1-1,5	0,2-0,3	15-20	30-35	0,2-0,3	1-1,5
Средняя	1,5-2,0	0,3-0,4	15-20	35-40	0,3-0,5	1,5-2
Трудная	2-2,5	0,4-0,6	20-25	40-45	0,5-0,6	2-3
Очень трудная	2,5-3	0,6-0,7	25-30	40-45	0,6-0,7	3-4
	Каменный уголь < 10(13) мм					
Легкая	1,5-2	0,3-0,4	15-20	30-35	0,4-0,5	1,5-2
Средняя	2-2,5	0,4-0,5	20-25	35-40	0,5-0,6	2-3
Трудная	2,5-3	0,5-0,7	25-30	40-45	0,6-0,7	3-4
Очень трудная	3-4	0,7-0,9	30-35	40-45	0,7-0,9	4-5
	Контрольная отсадка					
	4,5	0,7-1	25-30	30-35	0,7-1	3-5
	Неклассифицированный уголь					
Легкая	2-2,5	0-0,6	15-20	30-35	0,4-0,5	1,5-2
Средняя	2,5-3	0,6-0,7	20-25	35-40	0,5-0,6	2-2,5
Трудная	3-3,5	0,7-0,9	25-30	40-45	0,6-0,7	2,5-3

Таблица 13.3

## Обогащение в отсадочных машинах типа ОМ с выделением двух продуктов

Крупность ма- шинных клас- сов, мм	Засорение кон- центрата тя- желыми фрак- циями, %	Потери с отходами, %	
		средних фракций	легких фракций плотностью < 1500 (1400) кг/м <sup>3</sup> для каменного угля и < 1900 кг/м <sup>3</sup> для антрацитов
		Каменный уголь	
> 25(13)	2-3		1-1,5
25-13,25-6 (> 6)	3-4		1,5-2
13-6	4-5		2-3
> 13(6)	5-6		3-4
		Антрацит	
> 25(13)	3-4		0,8-1
25-13,25-6 (> 6)	4-5		1-2
13-6	5-6		2-3
> 13(6)	6-10		3-4

## Обогащение пневматическим методом

Обога- тимость угля по ГОСТ 10100	Засорение кон- центрата тяже- лыми фракция- ми, %	Потери с отходами, %	
		средних фракций	легких фракций плотностью 1500 (1400) кг/м <sup>3</sup>
		Каменный уголь > 10(13) мм	
Легкая и средняя	3	8	3
Трудная	5	9	4
Очень трудная	7	10	5
		Каменный уголь < 10(13) мм	
Легкая и средняя	4	10	4
Трудная	7	12	6
Очень трудная	9	14	8
		Бурый уголь > 10(13) мм	
Средняя	8	10	8
Трудная	10	12	10

обогащения значительно отличаются от приведенных в табл. 13.1-13.4, для расчета используются засорения, предусмотренные режимными картами, которые разрабатываются по каждому предприятию службой главного инженера.

Способ определения эффективности разделения по засорению продуктов обогащения посторонними фракциями применяется для текущего контроля гравитационных процессов обогащения угля и расчета норм показателей качества продуктов обогащения.

Ожидаемые показатели процесса обогащения рассчитываются исходя из теоретического баланса продуктов обогащения, который определяется по данным фракционного анализа углей с учетом допустимого засорения продуктов обогащения посторонними фракциями и дополнительного шламообразования.

В настоящее время для определения технологической эффективности разделения материала наиболее широко используется графоаналитический метод, который основан на вероятностном распределении фракций различной плотности в продуктах обогащения. Критериями оценки работы машин являются среднее вероятное отклонение  $E_{pm}$  и погрешность разделения  $I$ . Эти показатели определяются по кривым распределения фракций в конечных продуктах - концентрате и породе.

Основой кривых распределения является фракционный состав исходного угля и продуктов обогащения, выполненный по широкой шкале плотностей.

Методика расчета  $E_{pm}$  и  $I$  заключается в следующем. Пусть имеем фракционный состав продуктов обогащения и исходного угля (см. табл. 13.5 графы 2, 4 и 6). Для пересчета показателей граф 2 и 4 (в % от исходного угля) необходимо определить выхода концентрата и отходов.

Распределение фракций различных плотностей в продуктах обогащения

Плотность фракций, кг/м <sup>3</sup>	Концентрат		Отходы		Исходный уголь, выход фракций %, $\gamma_k$	Распределительное число (извлечение одноименных фракций в продукты обогащения), %	
	Выход фракций, % от исходного концентрата, $\gamma_k$	Выход фракций, % от исходного	Выход фракций, % от исходного	отходов, $\gamma_o$		для концентрата $\epsilon_k$	для отходов $\epsilon_o$
< 1350	81,1	50,60	3,1	1,16	51,76	97,76	2,24
1350-1400	7,5	4,69	1,3	0,49	5,18	90,50	9,50
1400-1500	6,0	3,75	2,4	0,90	4,65	80,60	19,40
1500-1600	3,2	2,09	6,0	2,25	4,34	47,00	53,00
1600-1750	1,3	0,81	11,1	4,16	4,97	16,30	83,70
1750-1900	0,4	0,25	12,1	4,54	4,79	5,20	94,80
> 1900	0,5	0,31	64,0	24,00	24,31	1,30	98,70
Итого	100,0	62,50	100,0	37,50	100,0		

Выход концентрата (%) определяется по формуле

$$\gamma_{kl} = \frac{\gamma_n - \gamma_o}{\gamma_k - \gamma_o} 100, \quad (13.1)$$

где  $\gamma_{kl}$  - выход концентрата, % исходного;  $\gamma_n$  - выход фракции по какой-либо плотности разделения в исходном, %;  $\gamma_k$  - выход фракции по той же плотности разделения в концентрате, % концентрата;  $\gamma_o$  - выход фракции по той же плотности разделения в отходах, % отходов.

Величины  $\gamma_n$ ,  $\gamma_o$  и  $\gamma_k$  можно взять из табл. 13.5 (графы 2, 4 и 6). При этих значениях выход концентрата

$$\gamma_{kl} = \frac{51,76 - 3,1}{81,1 - 3,1} 100 = 62,5\%$$

и выход породы  $\gamma_{o1} = 100 - 62,5 = 37,5\%$ .

Для получения выхода концентрата и отходов по каждой фракции плотности от исходного угля и заполнения граф 3 и 6 пересчитывают графы 2 и 4 путем перемножения значений их соответственно на 62,5 и 37% и деления на 100%. Суммированием выходов одноименных фракций граф 3 и 5 получаем данные для графы 6. Из граф 3, 5 и 6 видим, что каждая фракция исходного угля распределяется в процессе обогащения между концентратом и отходами. Так, например, при содержании фракции плотностью < 1350 кг/м<sup>3</sup> в исходном продукте в количестве 51,76% в процессе обогащения на машине она распределится:

$$\text{в концентрат } \frac{50,6}{51,76} 100 = 97,76\%;$$

$$\text{в отходы } \frac{1,16}{51,76} 100 = 2,24\%.$$

Иначе можно сказать, извлечение фракции плотностью < 1350 кг/м<sup>3</sup> в концентрат составляет 97,76%, а в отходы - 2,24%. Извлечение одноименных фракций в продукты обогащения можно также определить по формуле:

$$\epsilon_k = \frac{\gamma_k \beta}{\alpha}, \quad (13.2)$$

где  $\gamma_k$  - выход концентрата, % исходного;  $\beta$  - выход фракции по какой-либо плотности разделения в концентрате, % концентрата;  $\alpha$  - выход фракции по какой-либо плотности разделения в исходном, %.

Подставив данные из табл. 13.5 в приведенную выше формулу, получим:

$$\epsilon_k = \frac{62,5 \cdot 81,1}{51,76} = 97,76\%.$$

Тогда  $\epsilon_o = 100 - \epsilon_k = 100 - 97,76 = 2,24\%$ .

Итак, по результатам фракционного анализа вычисляют извлечения фракций в концентрат и отходы. Затем строят кри-

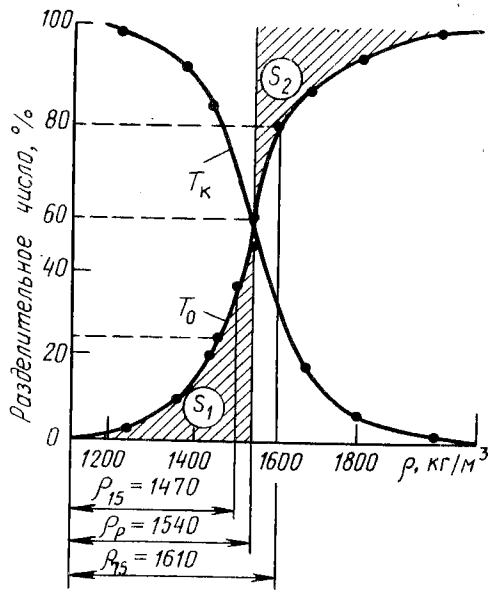


Рис. 13.1. Кривые распределения фракций различной плотности в продукты разделения

вые распределения. По оси абсцисс откладывают средние плотности фракций, а по оси ординат — извлечение этих фракций (так называемые *распределительные числа*) в определенный продукт и получают *кривые распределения* или, как их иначе называют, *кривые дисперсии*: одна кривая для концентрата, другая для отходов (рис. 13.1). Кривые распределения симметричны и пересекаются в точке, ордината которой соответствует извлечению 50%.

Абсцисса точки пересечения кривой дисперсии соответствует плотности разделения, т.е. плотности таких фракций, половина которых уходит в легкий продукт, а другая — в тяжелый. По кривым плотностям разделения равна 1540 кг/м³. Обычно, в практике обогащения пользуются только одной кривой дисперсии — *кривой отходов*. Рассматривая кривую дисперсии для отходов, можно отметить, что при идеальном обогащении кривая должна была быть выражена прямой, проходящей через точку абсциссы, соответствующую плотности разделения 1540 кг/м³.

Следовательно зона справа от кривой отходов внизу, что затрихована ( $S_1$ ), выражает степень потерь концентратных фракций в отходах обогащения, а зона слева от кривой отходов сверху ( $S_2$ ) — загрязнение концентрата отходами обогащения. Из этого следует, что чем лучше обогащается уголь, тем круче кривая дисперсии, т.е. тем больше угол наклона кривой к горизонталю.

Кривая дисперсии характеризуется средним вероятным отклонением, обозначаемым  $E_{pm}$ .

*Средним отклонением* называется ошибка, которая по своей абсолютной величине больше каждой из ошибок одной половины и меньше каждой из ошибок другой половины всех ошибок, расположенных в ряд в возрастающем или убывающем порядке, т.е. среднее отклонение характеризует точность измерения и определяется как полусумма двух средних ошибок.

Чем меньше ошибка, тем больше вероятность ее появления. Наибольшая вероятность появления ошибок лежит в зоне по обе стороны ординат, соответствующей показателю распределения, равному 50%, т.е. в зоне от 25 до 75% распределительных чисел.

Поэтому  $E_{pm}$  определяется как полуразность значений плотностей фракций, извлечение которых соответствует 75 и 25%, т.е.

$$E_{pm} = \frac{\rho_{75} - \rho_{25}}{2},$$

где  $\rho_{75}$  и  $\rho_{25}$  — плотность фракций, извлекаемых в продукты обогащения в количестве 75 и 25% от одноименных фракций (легких или тяжелых).

Чем больше разность плотностей  $\rho_{75}$  и  $\rho_{25}$ , тем больше посторонних фракций содержится в продуктах обогащения, т.е. менее точно происходит разделение исходного угля.

По кривой разделения (см. рис. 13.1) находим

$$\rho_{75} = 1650 \text{ кг/м}^3 \text{ и } \rho_{25} = 1470 \text{ кг/м}^3.$$

$$\text{Тогда } E_{pm} = \frac{1640 - 1470}{2} = 70 \text{ кг/м}^3.$$

Показатель  $E_{pm}$  применяется для оценки эффективности разделения в машинах с минеральными суспензиями, в которых среда разделения имеет плотность, равную плотности разделения. При обогащении угля в отсадочных машинах кривая разделения несимметрична, ее правая ветвь выше левой.  $E_{pm}$  возрастает пропорционально  $\rho_p - \rho_{cp}$ , где  $\rho_{cp}$  — плотность среды.

$$E_{pm} = I(\rho_p - 1000) \text{ или } I = \frac{E_{pm}}{\rho_p - 1000}, \quad (13.4)$$

где  $I$  — погрешность разделения.

Для отсадочных машин плотность среды находится между 1000 и 1100 кг/м³. С целью упрощения расчетов принимают  $\rho_{cp} = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Погрешность разделения позволяет сравнивать работу отсадочных машин при различных значениях плотности разделения. Точность разделения угля на отсадочных машинах при низкой плотности разделения 1390–1700 кг/м³ характеризуется средним вероятным отклонением  $E_{pm} = 75 \div 150 \text{ кг/м}^3$  и погрешностью разделения  $I = 0,12 \div 0,23$ .

При высокой плотности разделения 1665–2180 кг/м³ среднее вероятное отклонение  $E_{pm} = 120 \div 250 \text{ кг/м}^3$ , а погрешность  $I =$

= 0,15÷25. Чем меньше  $I$ , тем выше точность разделения в обогатительной машине.

Для расчета показателя эффективности  $E_{pm}$  рекомендуются следующие формулы:

для тяжелосредних сепараторов при обогащении угля крупнее 25 мм

$$E_{pm} = 0,01\rho_p + 20 \text{ кг/м}^3;$$

при обогащении угля крупнее 13 мм:

$$E_{pm} = 0,015\rho_p + 20 \text{ кг/м}^3;$$

тяжелосредних циклонов:

$$\text{двухпродуктовых } E_{pm} = 0,03\rho_p - 15 \text{ кг/м}^3;$$

трехпродуктовых (первая секция)

$$E_{pm} = 0,04\rho_p - 10 \text{ кг/м}^3;$$

трехпродуктовых (вторая секция)

$$E_{pm} = 0,045\rho_p - 15 \text{ кг/м}^3.$$

Практика обогащения углей показала, что критерии  $E_{pm}$  и  $I$  достаточно точно определяют сравнительную эффективность работы обогатительных машин, не зависят от фракционного состава исходного угля, но зависят от его крупности, плотности разделения, содержания шлама и удельной производительности машины.

Среднее вероятное отклонение измеряется в единицах плотности, а погрешность разделения является величиной безразмерной. Показатели  $E_{pm}$  и  $I$  рекомендованы Международной организацией по стандартизации ISO в качестве критериев для оценки эффективности обогащения. Эти критерии используются для сравнения и выбора типа машин гравитационного обогащения, расчета ожидаемых показателей обогащения углей при проектировании углеобогатительных фабрик.

Эффективность флотации оценивается по зольности и выходу продуктов, а иногда по извлечению горючей массы в концентрат.

### 13.2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Технологическая эффективность процесса может быть сравнимым показателем только для равных условий обогащения, т.е. для одинаковых обогатимости и крупности углей и примерно для одинаковых нагрузок на обогатительное оборудование.

Когда требуется разносторонне оценить преимущества того или иного процесса или машины, необходимо учитывать также область применения их, производительность и себестоимость обогащения.

Область применения - это допустимые колебания обогатимости и других качественных показателей угля, при которых данный процесс или машина может обеспечивать заданную технологическую эффективность. Некоторые процессы, например, пневматическое обогащение или обогащение в противоточных гравитационных аппаратах, не могут обеспечить достаточную точность разделения при обогащении труднообогатимых углей. Для каждого процесса существует допустимый диапазон крупности исходного угля. Преимущество имеют те процессы и машины, которые могут эффективно обогащать уголь в широком диапазоне крупности.

Производительность является количественной характеристикой процесса или машины. Для сравнимости производительность выражают в удельном измерении, т.е. на  $1 \text{ м}^2$  рабочей площади машины или на  $1 \text{ м}^3$  объема рабочей камеры. Производительность машины и эффективность обогащения обычно связаны между собой обратной зависимостью: увеличение производительности приводит к некоторому снижению эффективности, а для повышения точности разделения во многих случаях необходимо уменьшать производительность. Поэтому очень важно характеризовать процессы обогащения не только технологической эффективностью разделения, но и удельной производительностью, при которой требуемая эффективность может быть достигнута.

Себестоимость обогащения является комплексным технико-экономическим показателем, который учитывает целый ряд эксплуатационных характеристик процесса обогащения (энергоёмкость, трудоёмкость обслуживания и ремонта, управляемость и др.).

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое технологическая эффективность процесса обогащения?
2. Как определяется извлечение компонента в продукт?
3. Что такое кривая распределения?
4. Что характеризует величина?
5. Как определяется погрешность разделения  $I$ ?
6. Чем характеризуется технико-экономическая эффективность процессов обогащения?

## ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

## 14.1. СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГЛЕЙ

В получаемых продуктах обогащения содержание воды колеблется в широких пределах, и для дальнейшей переработки таких продуктов из них необходимо удалить воду.

*Обезвоживанием* называют процесс удаления воды из углей и продуктов обогащения. Различают механическое и термическое обезвоживание (сушка). К механическому обезвоживанию относятся дренирование, сгущение, фильтрование и центрифугирование.

Способы обезвоживания и применяемые процессы зависят от гранулометрического состава твердой фазы, ее плотности и содержания влаги в продукте. Количественная мера содержания воды в продукте, называемая *влажностью*, это отношение массы воды в продукте к массе сырого материала) %:  $W = 100q/G + q$ , где  $q$  - масса воды;  $G$  - масса сухого продукта.

По характеру связи с углем различают следующие виды влаги:

*гидратная* - химически связанная с минеральными и органическими составляющими угля;

*адсорбционная* - удерживаемая молекулярными силами в виде тончайшей пленки жидкости на поверхности частиц угля;

*адгезионная* - удерживаемая силами поверхностного натяжения в виде перемычек в местах контакта частиц и во внутренних порах угля;

*капиллярная* - заполняющая промежутки между частицами и удерживаемая капиллярными силами;

*свободная* - удерживаемая в слое угля только силами тяжести.

Общую влажность (за вычетом гидратной влаги) определяют высушиванием навески продукта при температуре  $105^\circ \text{C}$  до установления постоянной навески.

Плотность пульпы  $\delta$  - это отношение массы пульпы к занимаемому ею объему:

$$\delta = M_n / V,$$

где  $M_n$  - масса пульпы, кг;  $V$  - объем пульпы,  $\text{м}^3$ .

Содержание твердого в пульпе  $T$  определяется отношением

$$T = \frac{1000\delta(G - 1)}{\delta - 1000},$$

где  $G$  - масса 1 л пульпы;  $\delta$  - плотность твердых частиц.

Отношение  $\delta/(\delta - 1000)$  постоянно для данного шлама, поэтому концентрация твердого находится в линейной зависимости от массы 1 л пульпы.

Продукты обогащения обезвоживаются механическим и термическим способами. При механическом способе обезвоживания удаляется свободная влага. Свободная (гравитационная) влага заполняет все промежутки между частицами твердого и перемещается под действием гравитационных сил.

Результаты обезвоживания зависят от свойств и гранулометрического состава продуктов обогащения. Чем мельче частицы, тем большая поверхность удерживает влагу и тем труднее продукт обезвоживается. При неоднородном гранулометрическом составе промежутки между крупными частицами заполняются более мелкими, что снижает водопроницаемость массы материала и затрудняет обезвоживание. В связи с этим принято обезвоживать отдельно крупные, мелкие и тонкие классы.

В зависимости от свойств твердой фазы (плотность, крупность и поверхностные свойства частиц), соотношения Т:Ж в пульпе, требований к конечной влажности продукта обезвоживание осуществляется одной или последовательно несколькими операциями. К ним относятся дренирование, сгущение, фильтрование, центрифугирование, сушка.

*Дренирование* - наиболее простой способ удаления влаги, его применяют для обезвоживания крупных и средних классов. Этот способ обезвоживания осуществляется в бункерах, элеваторах, на грохотах, а также на складах в штабелях (готовая продукция сезонных обогатительных установок, осадок наружных отстойников оборотных вод и др.).

*Сгущение, фильтрование, центрифугирование* применяют для обезвоживания жидких пульп, мелких классов продуктов обогащения. Фильтрованию часто предшествует сгущение или предварительный сброс воды на неподвижных ситах или механических грохотах.

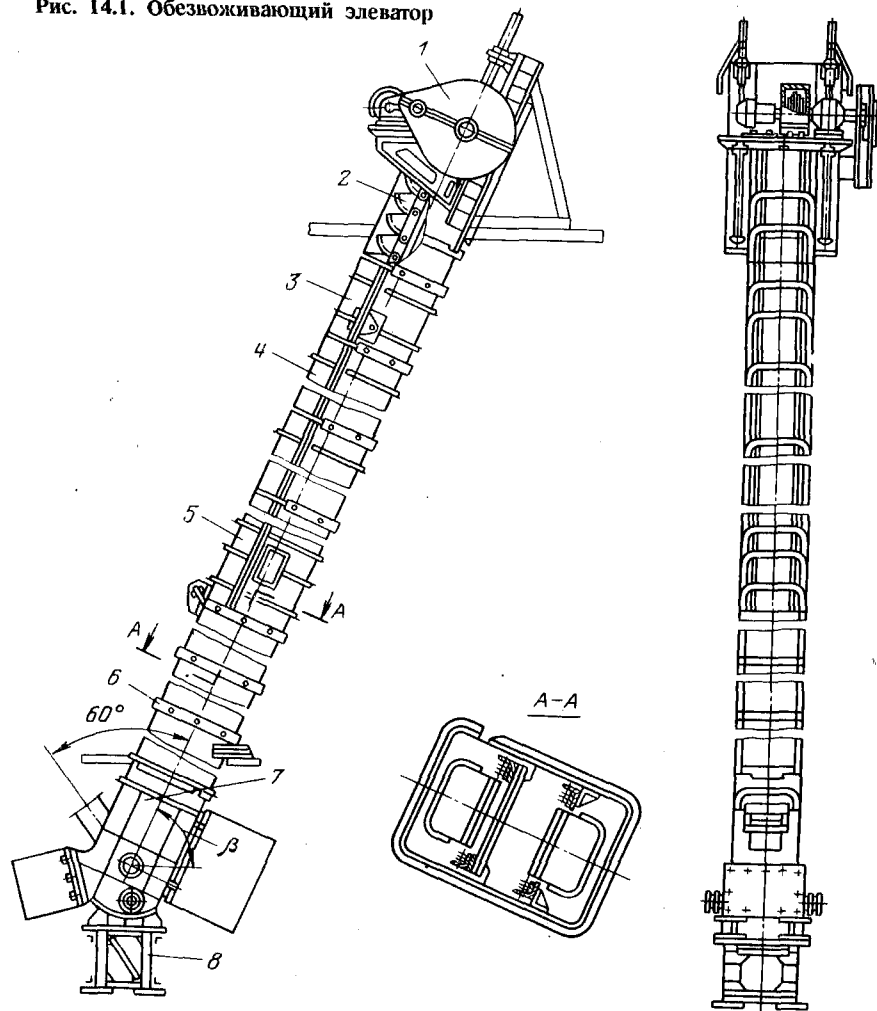
Обогатительные фабрики потребляют большое количество воды, поэтому осветление и возврат оборотной воды в технологический процесс имеет важное значение для сбережения водных ресурсов.

## 14.2. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ В ЭЛЕВАТОРАХ И НА ГРОХОТАХ

Обезвоживающий элеватор (рис. 14.1) предназначен для транспортирования и обезвоживания продуктов обогащения. Кожух элеватора собирается из отдельных секций: нижняя 7 с опорной конструкцией 8, закрытая 6, секция с люком 5, открытая секция 4, секция с ловителем цепи 3. Винтовое натяжное устройство у обезвоживающих элеваторов располагается на приводной головке 1. Движение ковшовой цепи 2 контролируется реле скорости. Ковши изготавливаются из листовой стали толщиной 4-6 мм. В передней части ковша имеются штампованные продолговатые отверстия, расположенные в шахматном порядке под углом  $30^\circ$  к вертикали. Боковые стенки ковшей



Рис. 14.1. Обезвоживающий элеватор



сплошные. При движении цепи ковши зачерпывают у нижней звездочки элеватора обезвоживаемый продукт и транспортируют его к верхней звездочке. При движении ковшей вода проходит через его отверстия и стекает в кожух элеватора.

Обезвоживающие элеваторы имеют два вида ковшовых лент: с сосредоточенным расположением ковшей ЭОС, у которых все ковши выполнены с водоотводящими листами и расположены на каждом шаге цепи и рассредоточенным расположением ковшей ЭО, у которых ковши выполнены без водоотводящих листов. С целью предупреждения попадания воды, стекающей из предыдущего

ковша в последующий, элеватор типа ЭО устанавливается под углом  $60-70^\circ$ , а элеваторы типа ЭОС, у которых передние стенки ковшей перекрываются водоотводящими листами, устанавливаются под углом  $75^\circ$ .

Эффективность обезвоживания различных материалов в ковшах элеваторов зависит не только от крупности обезвоживаемого материала, но и от степени загрязненности оборотной воды, высоты обезвоживающей части элеватора и скорости движения цепи. После обезвоживающих элеваторов влажность продуктов составляет: 10-14% крупных отходов; 16-20% мелких отходов; 10-16% крупного промпродукта; 18-25% мелкого промпродукта. Время обезвоживания материала в ковшах принимается: для крупного материала 20-25 с; для мелкого материала 40-50 с, что соответствует скорости цепи элеватора соответственно 0,2-0,3 и 0,15-0,18 м/с.

Технические характеристики обезвоживающих элеваторов

Типоразмер . . . . .	ЭО-4	ЭО-4С	ЭО-6	ЭО-6С	ЭО-10
Производительность, т/ч . . . . .	9-38	15-61	19-77	31-123	48-193
Вместимость ковша, л . . . . .	20	16	50	40	125
Ширина ковша, мм . . . . .	400	400	650	650	1000
Шаг ковшей, мм . . . . .	640	320	800	400	800
Скорость движения ковшей, м/с . . . . .	0,17	0,17	0,25	0,25	0,38
Длина элеватора, м . . . . .	до 30	до 30	до 30	до 25	до 25
Масса элеватора, т:					
при длине 14 м . . . . .	10,45	11,5	16,63	18,93	22,11
при длине 18 м . . . . .	13,1	14,15	20,26	24,15	25,96

Элеваторы с сосредоточенным расположением ковшей имеют преимущества по сравнению с элеваторами с рассредоточенным расположением ковшей: увеличен угол наклона элеватора, в 1,5 раза выше производительность, на 1-2% ниже влажность обезвоженного продукта. Недостатки обезвоживающих элеваторов - громоздкость и большой расход электроэнергии.

На грохотах различных конструкций обезвоживают крупный и мелкий концентрат, крупнозернистый шлам, промпродукт и отходы. Конструктивно грохоты подразделяются на неподвижные и подвижные. В отличие от обезвоживания в бункерах и элеваторах, где обезвоживаемый продукт неподвижен, на обезвоживающих грохотах отделение воды происходит при движении материала по ситам. При этом на подвижных грохотах материал непрерывно встряхивается и разрыхляется, т.е. процесс в значительной степени интенсифицирован.

При обезвоживании на грохотах применяют щелевидные сита с размером щели 0,15; 0,25; 0,75 и 1 мм. Размер отверстий сита выбирают в зависимости от крупности обезвоживаемого материала.

Неподвижные плоские сита применяют для предварительного отделения части воды перед обезвоживанием на грохотах. Такие сита устанавливают в желобе, подающем обезвоживаемый продукт на грохот. Наилучшие результаты предварительного обезвоживания получаются при их установке под углом 25-35° к горизонту. Ширину сита принимают равной ширине желоба, а длину до двух метров. Необходимую площадь сита определяют по формуле:

$$F = Q/q,$$

где  $Q$  - производительность грохота (сита) по подрешетной воде,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $q$  - удельная производительность сита по подрешетной воде,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

При обезвоживании продуктов углеобогащения при ширине щели 0,75-1 мм  $q = 50 \div 60 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , а при ширине щели 0,5 мм  $q = 30 \div 40 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Дуговые сита (грохоты) применяют также для предварительного отвода части воды. На жидкую фазу, перемещающуюся по поверхности дугового сита, действуют центробежные силы, под влиянием которых происходит более интенсивное прохождение воды через слой материала и отверстия сита. В угольной промышленности применяют дуговые сита безнапорные типа СД1 и напорные типа СД2А. Поток обезвоживаемой суспензии подают на сито по касательной к его поверхности со скоростью 1-10 м/с. При прохождении суспензии над щелью из нее выделяется жидкость, тонким слоем стекающая вдоль передней стенки колосника. Твердые частицы в зависимости от их размера попадают в надрешетный слой или проходят сквозь щели сита. Недостаточная эффективность обезвоживания на дуговых ситах объясняется небольшим значением центробежной силы, возникающей только в результате изменения направления скорости потока суспензии.

#### Технические характеристики дуговых сит

Типоразмер	СД1	СД2А
Производительность по пульпе, $\text{м}^3/\text{ч}$	200	300-400
Радиус изгиба, м	0,55	0,55
Ширина щели, мм	0,5-1,5	0,5-2
Рабочая площадь сита, $\text{м}^2$	0,95	1,9
Ширина входной щели, мм	15-30	0-30
Масса, кг	296	508

Конический грохот ГК (рис. 14.2) состоит из корпуса 3 внутри которого расположена обезвоживающая поверхность из щелевидных сит. Верхняя часть обезвоживающей поверхности представляет собой усеченный конус 1, нижняя обезвоживающая поверхность 4 выполнена в виде многогранной усеченной пирамиды. Между этими поверхностями расположена сплошная кольцевая площадка 2. Питание подается через загрузочное устройство 5 тангенциально на верхнюю часть сита.

Загрузочное устройство снабжено шиберной заслонкой, служащей для изменения ширины впускной щели, и перекидным ши-

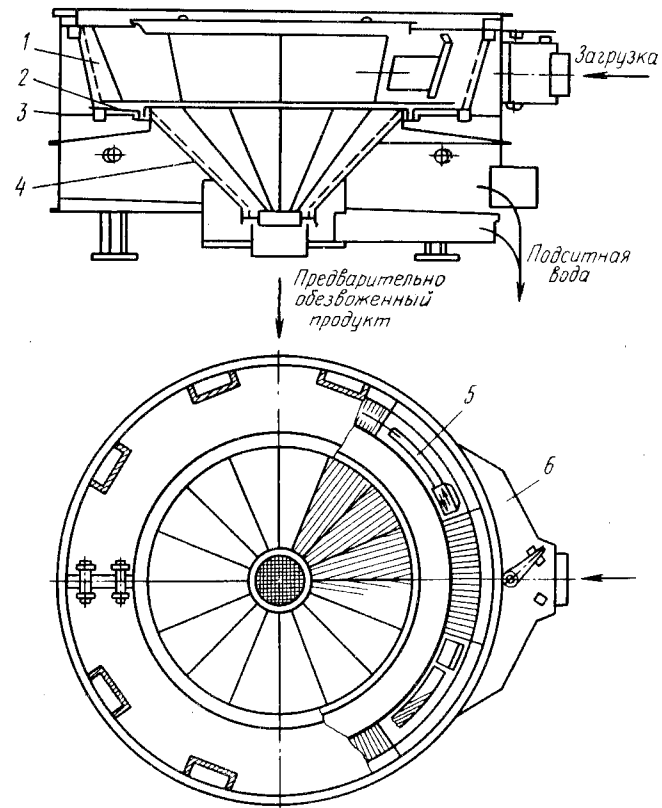


Рис. 14.2. Конический грохот ГК

бером для изменения направления подачи водоугольной смеси. Благодаря тангенциальному подводу питания создается вращающийся поток суспензии. На кольцевой обезвоживающей поверхности образуется слой материала определенной толщины, поддерживаемый горизонтально установленной кольцевой площадкой. Под действием центробежных сил примерно 80-90% всей воды, содержащейся в исходном продукте, и основную часть мелких зерен удаляют на верхнем сите. Оставшаяся вода вместе с надрешетным продуктом верхнего сита поступает в пирамидальную часть грохота, в которой окончательно удаляется свободная влага. Обезвоженный уголь разгружается через центральный патрубок 6, подрешетные воды обоих сит выводятся из грохота через сливные патрубки.

Характерные особенности грохотов - взаимозаменяемость элементов обезвоживающей поверхности и ее разбивка на сегменты. Грохоты отличаются простотой конструкции и эксплуа-

тации, имеют малые габариты. Практика эксплуатации показала, что удельная производительность у конических грохотов выше, чем у неподвижных и составляет 80-83 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч) по суспензии и 20-23 т/(м<sup>2</sup>·ч) по твердому.

Для обезвоживания продуктов обогащения из подвижных грохотов наибольшее распространение на углеобогатительных фабриках получили грохоты следующих типов: ГСЛ (грохот самобалансный), ГРЛ (грохот резонансный), ГРД (грохот резонансный двухкоробный), ГИСЛ (грохот инерционный самобалансный). При обезвоживании углей крупных классов устанавливают двухситные грохота. Верхнее сито штампованое или плетеное с отверстиями 6×6 или 13×13мм, а нижнее - щелевидное со щелью 0,25-1 мм.

Процесс обезвоживания на грохотах можно разделить на два этапа. На первом этапе предварительное обезвоживание осуществляется на 1/3-1/4 части грохота (по длине просеивающей поверхности). При этом основная масса воды удаляется через слой материала и отверстия сита. На втором этапе происходит разрыхление и уплотнение осадка, и оставшаяся влага удаляется сравнительно легко.

Для ополаскивания материала на сите грохота вода подается под давлением через специальные форсунки или с помощью ливневых устройств. При ополаскивании влажность конечного продукта снижается на 1-1,5%, что объясняется отмывкой наиболее мелких, более зольных или илистых частиц. Расход воды составляет 0,75-1 м<sup>3</sup>/т. Удельная производительность грохота и влажность обезвоженных продуктов зависят от размера отверстий сит и крупности обезвоживаемых продуктов:

Крупность угля, мм . . . . .	13	0,5-13	0,5
Размер отверстий сит, мм . . . . .	1	1-0,5	0,3-0,5
Удельная производительность, т/(м <sup>2</sup> ·ч) . . . . .	12-15	6-10	1-2
Влажность, % . . . . .	6-12	10-14	22-28

### 14.3. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ В ЦЕНТРИФУГАХ

*Центрифугированием* называют процесс обезвоживания мелких и тонких продуктов под действием центробежных сил во вращающемся роторе. Использование центробежных сил, ускорение которых в десятки и сотни раз превосходит ускорение силы тяжести, обеспечивают высокую интенсивность отделения влаги от обезвоживаемых углей.

Различают центробежное фильтрование и осадительное центрифугирование. При центробежном фильтровании вода удаляется через перфорированный ротор центрифуги, в котором материал под действием центробежных сил прижимается к его внутренней поверхности. Жидкая фаза проходит через слой образующегося осадка, сито ротора и отводится из центрифуги. *Осадительное*

*центрифугирование* осуществляется в центрифугах со сплошным ротором. Суспензия под действием центробежных сил прижимается к внутренней поверхности ротора. Твердые частицы, обладающие большей плотностью, осаждаются в суспензии и концентрируются у стенок ротора, вытесняя воду в пространство, расположенное ближе к центру вращения. Фугат удаляется из ротора через сливные окна, а осадок транспортируется шнеком к разгрузочным окнам. Фильтрующие центрифуги служат для обезвоживания продуктов обогащения мелких углей (предварительно обезвоженных до влажности 25-30% (концентратов, промпродуктов). В осадительных центрифугах осуществляется обезвоживание угольных шламов и продуктов флотации.

Фильтрующие центрифуги имеют вибрационную шнековую и центробежную выгрузку осадка, осадительные центрифуги - только шнековую выгрузку осадка.

Практика эксплуатации фильтрующих центрифуг показала, что наибольшее влияние на влажность обезвоженного продукта оказывает его гранулометрический состав и особенно содержание частиц крупностью менее 0,5 мм. Степень обезвоживания в центрифугах зависит от центробежной силы, удельной нагрузки (подачи питания) на фильтрующее сито, характера фильтрующей поверхности, живого сечения сит, времени пребывания осадка в роторе, равномерности нагрузки и др.

Унос угля в фугат зависит от гранулометрического состава исходного питания, удельной нагрузки, размера щелей сит и др. При резких колебаниях подачи питания ухудшается как качество обезвоживания, так и условия эксплуатации центрифуги.

Шнековая центрифуга ФВШ-950 (рис. 14.3) применяется для обезвоживания материалов с высоким содержанием тонких частиц. Обезвоживаемый уголь поступает на распределительный диск 5 и центробежными силами отбрасывается на поверхность фильтрующего ротора 4. Жидкость фильтруется через слой осадка, проходит сквозь отверстия ротора и отводится в сборник фугата 3. Твердые частицы образуют на роторе слой осадка, который непрерывно транспортируется шнеком 6 к нижнему концу ротора 2. Перемещение осадка по внутренней поверхности ротора обеспечивается за счет разности угловых скоростей вращения ротора и шнека. Вращение от электродвигателя 7 передается редуктору 1 клиновыми ремнями. Главным недостатком является значительное переизмельчение осадка (до 10%) и повышенное (до 260 кг/м<sup>3</sup>) содержание твердого в фугате. Срок службы ротора шнековых центрифуг в два раза меньше, чем вибрационных. Их материалоемкость и энергоемкость в 2 раза выше, чем у фильтрующих центрифуг других типов.

Центрифуги с вибрационной и центробежной выгрузкой осадка выпускаются с вертикальным и горизонтальным расположением ротора. Положение ротора в пространстве практически не влияет на эффективность работы центрифуг.

Центрифуга ФВВ-1000 (фильтрующая, вертикальная,

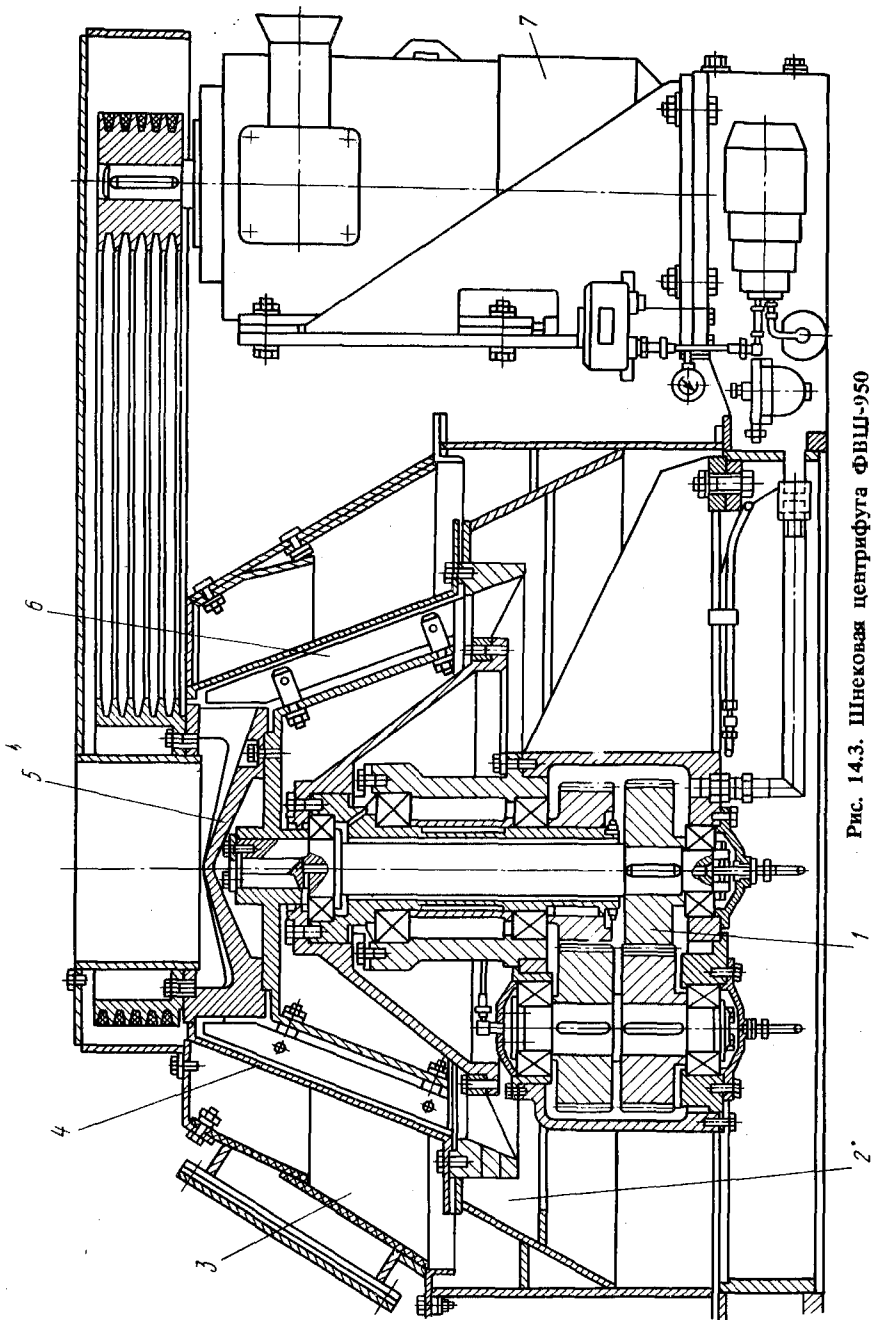


Рис. 14.3. Шнековая центрифуга ФВШ-950

вибрационная) (рис. 14.4). Фильтрующий ротор центрифуги укреплен вертикально, угол конусности ротора -  $10^\circ$ . Днище ротора сплошное и имеет в центральной части выступ. Вращение от электродвигателя передается на приводной шкив ротора. Между приводным шкивом и днищем ротора установлены резино-металлические упругие элементы-амортизаторы 5. Вместе с вращением ротору сообщаются вибрации в вертикальном направлении от отдельного электродвигателя через эксцентриковый вал и шток, связанный с ротором. Питание по загрузочному устройству 4 подается на днище ротора 3, где центробежными силами отбрасывается к внутренней стенке ротора.

Под действием центробежных сил жидкая фаза проходит через слой образующегося осадка, отверстия ротора, концентрируется в приемнике фугата 1 и отводится из центрифуги. Осадок под действием вибраций ротора перемещается по его внутренней поверхности к верхней кромке ротора, через которую и разгружается в камеру осадка 2. Влажность осадка зависит от содержания в нем класса менее 0,5 мм и находится в пределах 9,5-13,5%.

К недостаткам центрифуги относят: отсутствие разбрасывающего устройства, обеспечивающего равномерное распределение угля по всей внутренней поверхности ротора, сложности эксплуатации и ремонта (для замены приводных ремней необходимо частично разобрать центрифугу), отсутствие жесткой фиксации ротора в радиальном направлении, поэтому частота его вращения не превышает  $420 \text{ мин}^{-1}$ .

Вибрационные центрифуги с горизонтальным расположением ротора типа ФГВ (рис. 14.5) предназначены для обезвоживания мелкого концентрата крупностью 0,5-13 (25) мм. Унифицированный типоразмерный ряд фильтрующих центрифуг ФГВ-115.IV-01 производительностью 100 т/ч и ФГВ-150.IV-01 производительностью 400 т/ч, создан на базе серийно выпускаемой центрифуги ФГВ-132.IV-01.

В центрифугу ФГВ питание по желобу 4 поступает внутрь вращающегося конуса 2, а затем на внутреннюю поверхность перфорированного ротора 1. Под действием центробежных сил жидкая фаза проходит через слой обезвоживающегося осадка, отверстия ротора и сбрасывается в приемную камеру 3, из которой поступает в бункер или на ленточный конвейер. Корпус центрифуги укреплен на станине 7 через амортизаторы 8 и снабжен съемной крышкой 6, обеспечивающей свободный доступ к фильтрующему ротору. В крышке предусмотрен люк для периодического осмотра внутренней поверхности ротора. Вращение вала ротора передается от электродвигателя 11 через приводной шкив и клиновые ремни. Вибрации ротору 1 сообщаются от электродвигателя 9 через эксцентриковый вал, шток 10, сферический подшипник и опорный конус. Эксцентрик-шатунный

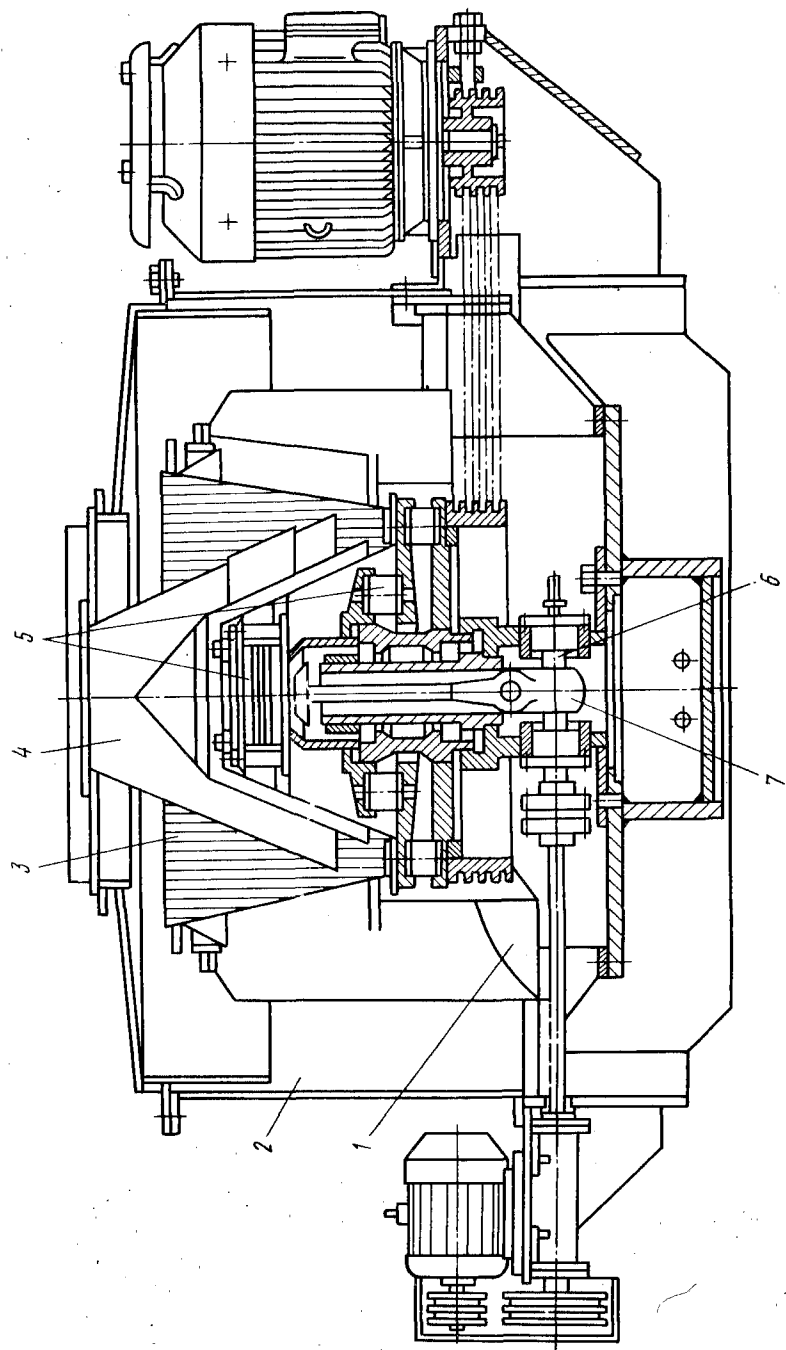


Рис. 14.4. Центрифуга ФВВ-1000

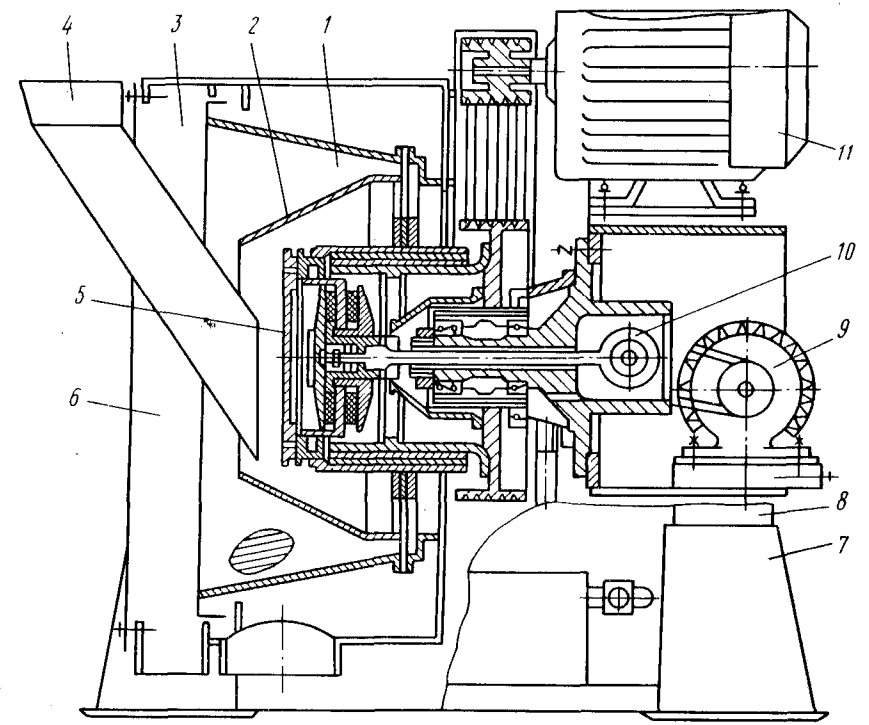


Рис. 14.5. Вибрационная центрифуга с горизонтальным расположением ротора ФГВ

вибропривод снабжен оригинальными резинометаллическими амортизаторами, работающими на частоте, близкой к резонансной. Втулка вибропривода имеет фланец, к которому крепят опорный конус. Фильтрующий ротор закрепляют на опорном конусе.

К преимуществам центрифуги относятся простая компоновка основных узлов, значительно упрощающая эксплуатацию; равномерное распределение угля по внутренней поверхности ротора специальным раскручивающим конусом 5, легкий доступ к узлу вибропривода и опорным подшипникам ротора в процессе осмотра и ремонта, а также исключение заиливания ротора при случайных остановках.

Высокие эксплуатационные качества центрифуги обеспечиваются унификацией основных узлов, минимальным уносом шлама с фильтратом.

Технические характеристики фильтрующих центрифуг

Типоразмер . . . . .	ФВШ-1000	ФВВ-1000	ФГВ-115	ФГВ-132	ФГВ-150
Производительность по исходному углю, т/ч . . . . .	100	100	100	250	400

Влажность исходного угля, %	35	30	30	30	30
Максимальный диаметр ротора, мм	1000	1000	1150	1320	1500
Угол конусности, градус	20	10	12	13	13
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	600	420	310-400-435	265-310-365	250-310-345
Частота осевых вибраций ротора, мин <sup>-1</sup>	-	1600, 1800	1535, 1620, 1750	1415, 1474, 1500	1585, 1620, 1750
Установленная мощность электродвигателя, кВт	40	23	45	63	83
Габариты, мм:					
длина	2450	2900	2995	2995	3115
ширина	1680	2165	2510	2510	2710
высота	1400	1560	2385	2385	2485
Масса, кг	3600	3800	4550	4800	7000

Осадительные центрифуги предназначены для обезжиривания разжиженных мелких продуктов обогащения и осветления оборотных вод углеобогащительных фабрик. Процесс, происходящий в роторе работающей центрифуги, включает три основных периода: осаждение частиц твердой фазы; транспортирование образовавшегося осадка витками шнека по ротору и обезжиривание осадка после его выхода за пределы жидкостного стакана в конической части ротора. Образовавшийся осадок непрерывно перемещается шнеком в сторону разгрузочных окон в узкой части ротора.

Современные осадительные центрифуги имеют различное исполнение основных узлов, общий конструктивный признак которых - горизонтальное расположение ротора с соосно размещенным внутри него шнеком.

Шнековая осадительная центрифуга НОГШ-1350 (рис. 14.6) состоит из следующих основных узлов. Цилиндроконический ротор 7, в цилиндрической части которого шнек выполнен в виде ленточной спирали 5, а на конической части укреплен шнек 10 в виде сплошной спирали, установлен на станине на опорных подшипниках. Внутри ротора имеются направляющие лопатки 6 для раскручивания суспензии. Вращение ротору от электродвигателя через шкив 1 передается через планетарный редуктор 2. Питание поступает через трехходовой кран 13, трубе 12 и патрубки 8. Фугат сливается через сливные окна 3, имеющие заслонки 4, обезжиренный продукт выгружается через окна 11. Станина центрифуги опирается на цилиндрические резиновые амортизаторы 14. Имеется кожух 9.

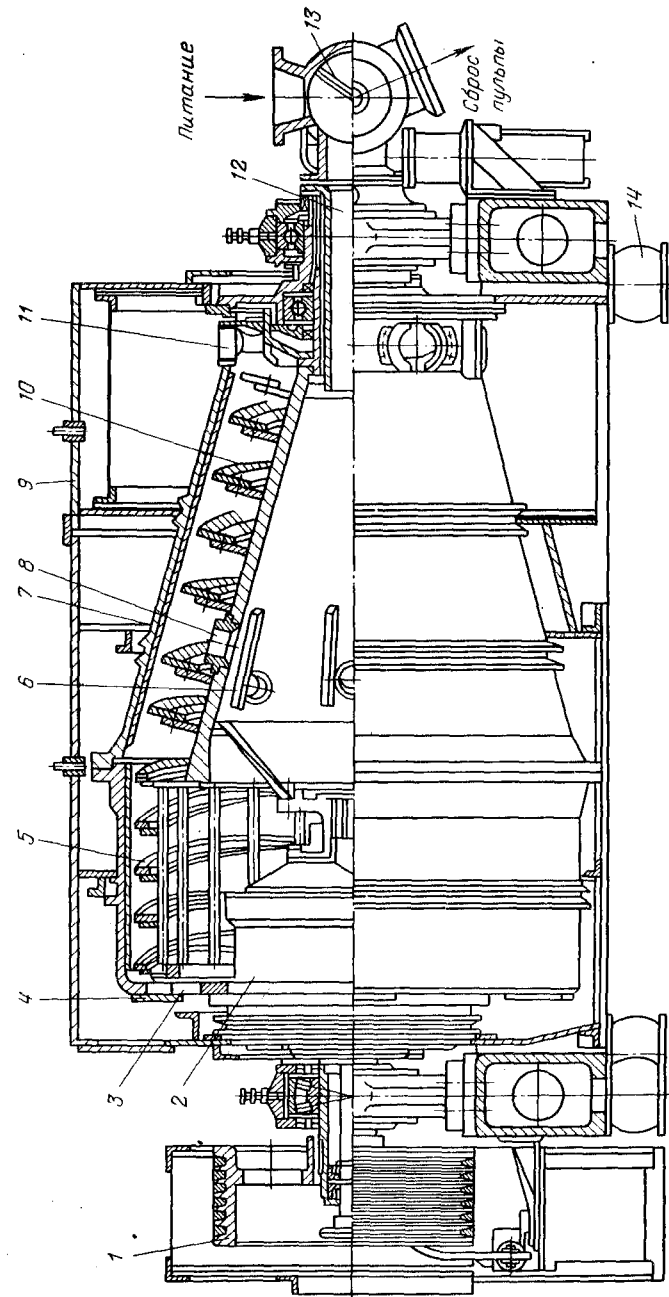


Рис. 14.6. Шнековая осадительная центрифуга НОГШ-1350

Пульпа подается во вращающийся ротор вначале по питающей трубе, а затем через отверстия в шнековом роторе. Под действием центробежной силы в роторе образуется жидкостной цилиндр, геометрические размеры которого определяются конфигурацией ротора и уровнем сливных окон. Твердые частицы, которые под действием центробежной силы оседают на внутренней поверхности ротора, транспортируются к его сужающемуся концу вращающимся соосно с ним шнеком. Частота вращения шнека отличается от частоты вращения ротора на 2,6%. Осадок разгружается через специальные окна, а отделенная от твердой фазы жидкость с небольшим содержанием тонких твердых частиц сбрасывается через сливные окна.

При обезвоживании флотационных концентратов коксующихся углей осадительные центрифуги дают более низкие технологические показатели, чем дисковые вакуум-фильтры. Так, влажность осадка осадительных центрифуг на 3-5% выше и содержание твердых частиц в фугате в 2-2,5 раза больше, чем на дисковых вакуум-фильтрах. Например, центрифуга НОГШ-1350 имеет примерно следующие технологические показатели: влажность флотационных концентратов 25-35%, влажность осадков шлама 20-26%, унос твердого в фугате 25-35%.

В зависимости от характеристики материала, режима работы осадительной центрифуги и ее конструкции технологическая эффективность осветления изменяется в пределах от 55 до 90%.

Технические характеристики шнековых осадительных центрифуг

Типоразмер . . . . .	ОГШ-1,32	НОГШ-1350
Производительность:		
по суспензии, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	220	250
по твердому, т/ч . . . . .	40-50	25-35
Максимальный диаметр осадительного ротора, мм . . . . .	1320	1350
Угол конусности ротора, градус . . . . .	15	15
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup> . . . . .	500-750	800
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	160	160
Габариты, мм:		
длина . . . . .	4000	4100
ширина . . . . .	4000	3700
высота . . . . .	2000	1830
Масса (в комплекте), кг . . . . .	15 000	12 000

В настоящее время эксплуатируются в основном серийно выпускавшиеся центрифуги НОГШ-1350. На базе центрифуги НОГШ-1350 создана НОГШ-1,32.

#### 14.4. ФИЛЬТРОВАНИЕ НА ДИСКОВЫХ, ЛЕНТОЧНЫХ ВАКУУМ-ФИЛЬТРАХ И ФИЛЬТР-ПРЕССАХ

Вакуум-фильтр ДОО80-2,7 (рис. 14.7) отличается увеличенной площадью сечения каналов вала и горловин секторов. Большая площадь сечения каналов позволила увеличить скорость оттока фильтрата и повысить производительность. Вакуум-фильтр состоит из ячеjkового вала 3 с закрепленными на нем фильтрующими дисками 4, частично погруженными в ванну 7. Вал опирается на разъемные подшипники скольжения 1. Фильтрующие диски состоят из отдельных секторов 12, прикрепленных к валу шпильками 14 и бугелями 13.

С обоих торцов к валу примыкают распределительные головки 5 с патрубками 15 для подключения вакуума к зоне фильтрования, патрубками 16 зоны просушки и патрубками 11 зоны отдувки осадка. Все основные узлы фильтрата установлены на общей раме 6, на которой крепятся также подставки 19 подшипников 1, редукторов 18 и электродвигатель 17 привода вакуум-фильтра.

Фильтр снабжен системой мгновенной отдувки обезвоженного осадка с секторов 12, которая состоит из двух воздухоотборников 25, воздухоотделителей 23 и клапанов 24. Для более полного съема обезвоженного осадка служат ножи 2.

Для выпуска суспензии из ванны предусмотрены патрубки 9 с пробками 10, положения которых регулируются системой рычагов 8.

Вакуум-фильтр снабжен системой промывки фильтрующих дисков, включая коллектор 20 и перфорированные трубки 21, и полуавтоматической системой смазки 22.

Вал фильтра состоит из двух концевых и двух промежуточных секций, которые соединяются между собой болтами. Вал полый, двухстенный, между наружной и внутренней стенками имеется 12 каналов - по числу секторов в каждом диске. Диски на валу расположены таким образом, что полость каждого сектора сообщается с одним из каналов вала. Каналы выходят на торцевые поверхности вала, к которым примыкают распределительные головки. Вал по середине разделен сплошной перегородкой, способствующей повышению эффективности работы фильтра.

При вращении вала фильтра его каналы последовательно совмещаются с соответствующими камерами распределительной головки и осуществляются процессы фильтрования и обезвоживания. В зоне фильтрования секторы дисков погружены в ванну с суспензией и находятся под вакуумом. Фильтрат отсасывается во внутреннюю полость секторов, а твердые частицы образуют на фильтровальной перегородке осадок. В зоне просушки секторы дисков выходят из ванны, фильтрат из них интенсивно сливается в каналы вала. Через осадок под действием вакуума просасывается атмосферный воздух, вытесняя из пор оставшуюся влагу. В зоне отдувки каналы вала и сектора соединяются с

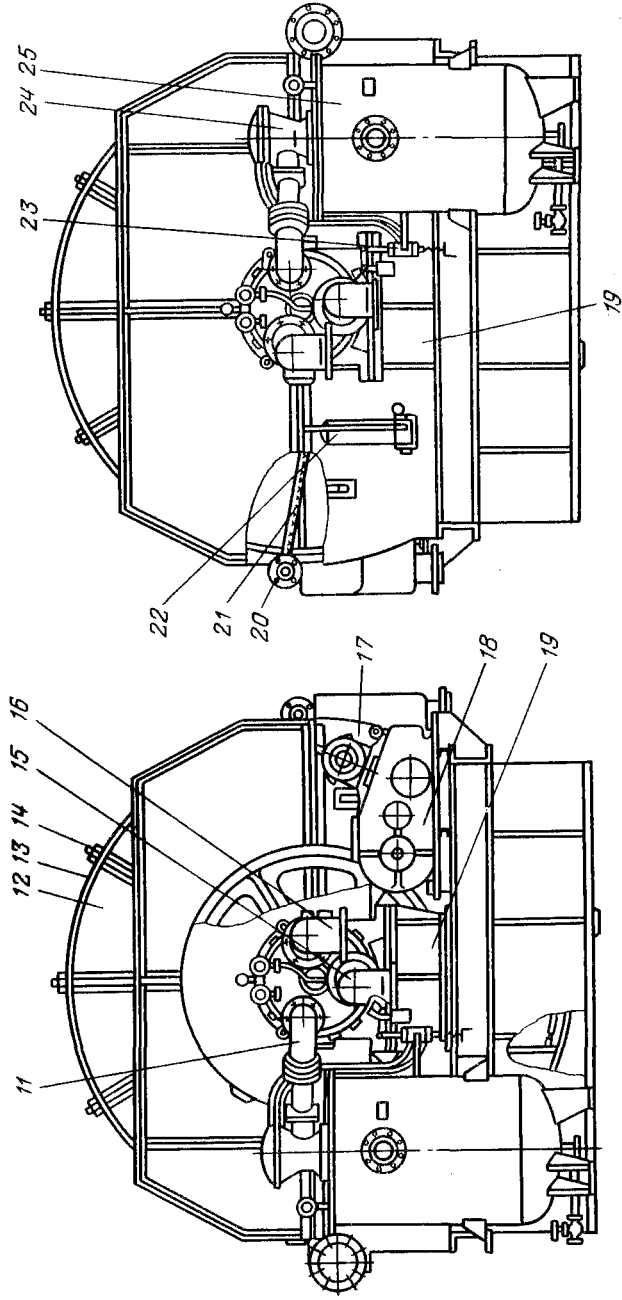
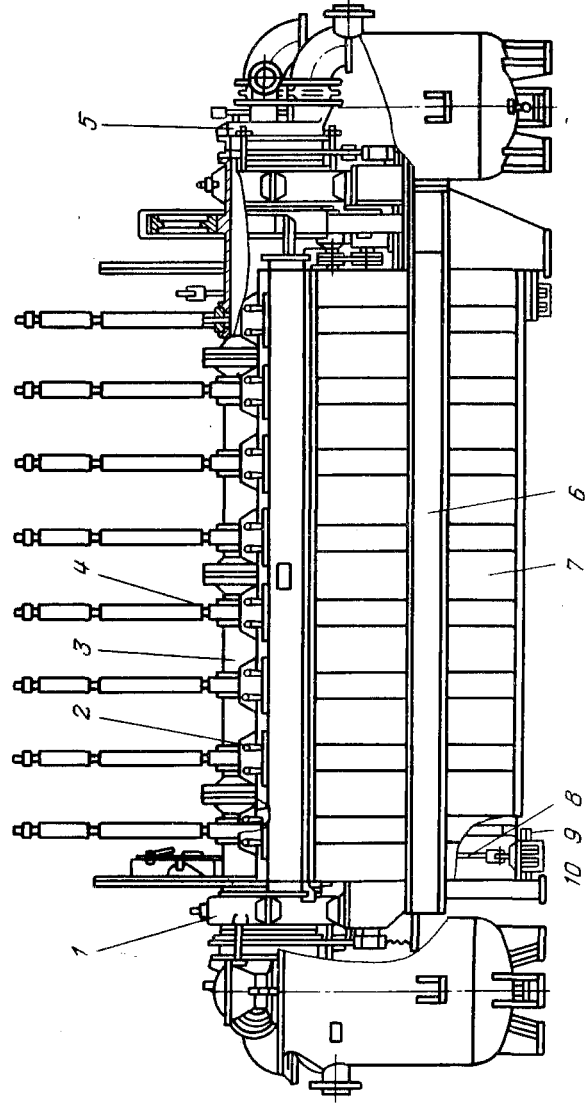


Рис. 14.7. Вакуум-фильтр ДОО80-2.7



линией подачи сжатого воздуха, происходит отдувка обезвоженного осадка.

Вакуум-фильтр ДОО250-3,75 по сравнению с ДОО80-2,7 имеет в три раза большую производительность по обезвоженному осадку.

#### Технические характеристики вакуум-фильтров

Типоразмер . . . . .	ДОО80-2,7	ДОО250-3,75
Площадь фильтрования, м <sup>2</sup> . . . . .	80	250
Диаметр дисков, м . . . . .	2,7	3,75
Число:		
дисков . . . . .	8	14
секторов в диске . . . . .	12	16
Расстояние между дисками, мм . . . . .	400	400
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> :		
дисков . . . . .	0,2-1,2	0,3-1,2
мешалки . . . . .	-	30-50
Величина зоны, градус:		
фильтрования . . . . .	120	91
просушки . . . . .	150	167
отдувки . . . . .	36	40
Тип отдувки . . . . .	Мгновенная	
Вакуум в зоне, кПа:		
фильтрования . . . . .	73-80	67-80
просушки . . . . .	60-67	60-67
Давление воздуха для отдувки, кПа . . . . .	70	70
Компоновка с воздухо-сборниками и ресиверами . . . . .	Раздельная	
Тип привода . . . . .	Регулируемый	
Мощность электродвигателя, кВт:		
дисков . . . . .	3	8,5
мешалки . . . . .	-	7,5
Габариты, мм:		
длина . . . . .	6000	9200
ширина . . . . .	3285	4380
высота . . . . .	2950	5510
Масса, кг . . . . .	13300	35000

Ленточные вакуум-фильтры применяются на углебогатительных фабриках для обезвоживания быстроосаждающихся материалов таких, как крупнозернистые угольные и антрацитовые шламы, а также зернистой части отходов флотации.

Питание ленточных вакуум-фильтров требует предварительного сгущения до 450-550 г/л твердого и обезыливания, например, в гидроциклонах. Дополнительная обработка питания фильтра флокулянтами повышает эффективность его работы.

Ленточные вакуум-фильтры типа ЛУ первого выпуска имеют ряд недостатков из-за жесткого закрепления фильтровальной ткани на дренажной ленте.

Ленточный вакуум-фильтр ЛОП60-IV-01 (рис. 14.8) состоит из резиновой ленты 1, снабженной поперечными желобками с

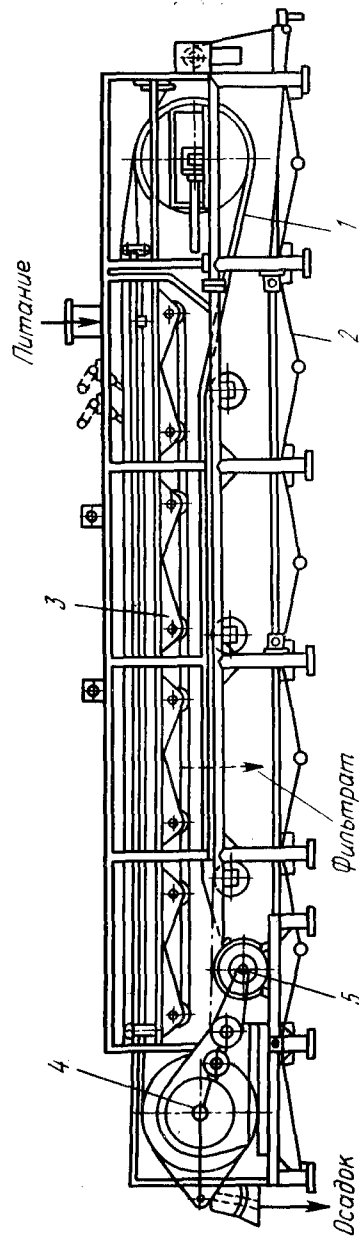


Рис. 14.8. Ленточный вакуум-фильтр ЛОП60-IV-01.

боковой переключкой, на которой находится фильтровальная ткань 2. Под верхней ветвью ленты расположена вакуумная камера 3. Резиновая лента и фильтровальная ткань центрируются с помощью следящей системы, контролирующей их перекося. Нижняя ветвь фильтровальной ткани проходит через промывочную установку, в которой специальные сопла с двух сторон обеспечивают ее эффективную регенерацию, после чего происходит натяжение фильтровальной ткани. Бесступенчатое регулирование числа оборотов приводного барабана 4 осуществляется с помощью электродвигателя 1 с тиристорным приводом. Распределительное устройство формы "рыбий хвост" обеспечивает равномерную подачу питания.

Использование принципа сходящего полотна увеличивает срок службы фильтрующей ткани в 4-5 раз по сравнению с вакуум-фильтрами типа ЛУ. Влажность осадка составляет 23-25%. Удельная производительность ленточных фильтров при обезвоживании антрацитовых шламов составляет 3-5 т/(м<sup>2</sup>·ч). При обезвоживании отходов флотации с содержанием класса - 0,06 мм в питании не более 40% удельная производительность составляет 0,5-0,6 т/(м<sup>2</sup>·ч).

Эффективность обезвоживания на ленточных вакуум-фильтрах снижается из-за колебаний в подаче питания, в связи с чем происходит неравномерное распределение материала по ширине и высоте на ленте. Оптимальная толщина осадка при обезвоживании шлама 200-220 мм. Параметрический ряд унифицированных ленточных вакуум-фильтров со сходящим полотном производится серийно.

#### Технические характеристики ленточных вакуум-фильтров

Типоразмер	ЛОП110-1,4У	ЛОП115-1,5У	ЛОП30-1,5У	ЛОП60-1У-01
Поверхность фильтрования, м <sup>2</sup>	10	15	30	60
Ширина фильтровального полотна, мм:				
полная	2000	1800	1800	3220
рабочая	1400	1520	1500	1600
Длина вакуумной камеры, мм	8000	10000	10000	18000
Скорость перемещения лент, м/мин	7-14	7-20	5-12	5-14
Установленная мощность электродвигателей, кВт	20	12,5	25	45
Габариты, мм:				
длина	13250	13795	13795	23100
ширина	3850	3925	4935	5000
высота	2600	1850	3510	3345
Масса, кг	14500	12200	25800	49080

Фильтр-прессы на углеобогащительных фабриках применяют для обезвоживания наиболее высокодисперсных взвесей, образующих труднофильтруемые осадки. Это суспензии отходов фло-

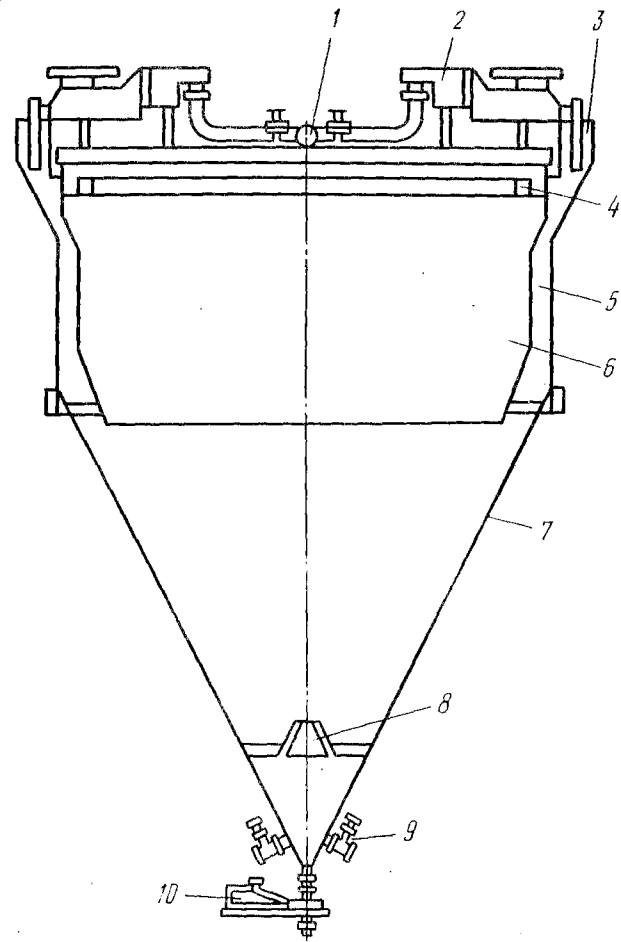


Рис. 14.9. Цилиндрический сгуститель С-10-1

тации, илистых и наиболее мелкозернистых небогатенных шламов. Использование других видов фильтровального оборудования для обезвоживания такого рода материалов оказывается неэффективным. Оптимальными условиями фильтрования на фильтр-прессах является концентрация твердого в питании 500-600 кг/м<sup>3</sup>, содержание класса +0,5 мм не более 5%.

Для обеспечения требуемой концентрации твердого в питании фильтр-прессов в технологических схемах фабрик предусматривается операция сгущения. Цилиндрические сгустители типа С-10-1 для этих целей используют чаще других (рис. 14.9). Сгуститель имеет цилиндрическую чашу 5, конусный распределитель, осадкоуплотнитель 7, рассекатель 8, резерв-

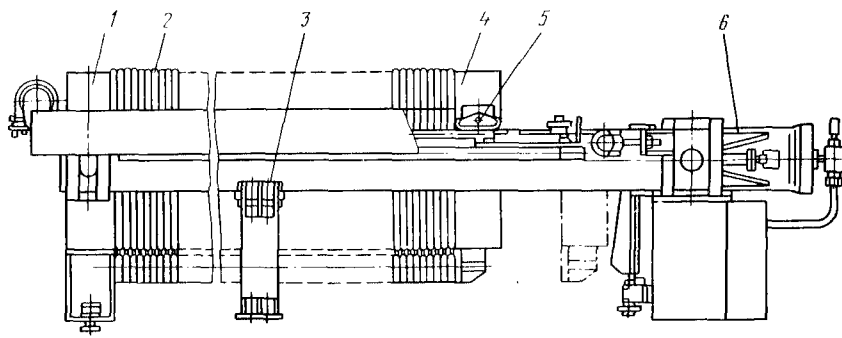


Рис. 14.10. Камерный фильтр-пресс ФОМ-600.1М-01

ный выпуск 9, разгрузчик сгущенного продукта 10. Суспензия поступает по коллектору 1 через смеситель 2 и загрузочное устройство 3. Осветленная вода поступает в сливной желоб 4.

Для интенсификации процессов сгущения и обезвоживания шламов применяют синтетические полимерные флокулянты типа полиакриламид, метас или другие аналогичного действия. Цилиндрические сгустители типа С-10 по сравнению с обычными радиальными сгустителями обеспечивают увеличение удельной производительности в 2-2,5 раза и повышенную плотность осадка до 500-600 г/л при сгущении отходов флотации.

Камерный фильтр-пресс ФОМ-600.1М-01 (рис. 14.10) состоит из набора фильтровальных плит 2, станины и стержневых балок 3, упорной плиты 1, нажимной плиты 4, механизма зажима плит 6, механизма перемещения плит 5. Плиты экипируются особо прочной капроновой тканью. Фильтр-прессы, применяемые в угольной промышленности, являются механизированными и автоматизированными аппаратами, работающими по заданной программе. Предусмотрено также ручное пооперационное управление.

Исходная пульпа обезвоживается следующим образом. После зажима плит по центральному каналу под давлением подается пульпа, которая растекается в образовавшиеся между плитами камеры, ограниченные фильтровальной тканью. Под действием перепада давлений через фильтровальную ткань жидкость фильтруется, а камеры заполняются осадком. Отфильтрованная жидкость по нарифлениям и специальным канавкам в плитах стекает в желоб и отводится. Фильтрация продолжается до полного заполнения камер осадком. Прекращение стока фильтрата свидетельствует об окончании фильтрации. Затем осуществляется продувка коллектора сжатым воздухом. По окончании фильтрации плиты поочередно раздвигаются, и обезвоженный осадок самопроизвольно выгружается. После окончания разгрузки, очистки ткани и сжатия плит фильтрация повторяют.

Длительность цикла равна 50-70 мин, в том числе длительность вспомогательных операций - около 30 мин.

К преимуществам камерных фильтр-прессов относят значительную площадь фильтрования на единицу занимаемой площади помещения и отсутствие движущихся частей. Фильтр-прессы являются наиболее эффективными аппаратами для обезвоживания отходов флотации и обеспечивают получение двух конечных продуктов: обезвоженного транспортабельного осадка и практически чистого фильтрата.

Технические характеристики камерных фильтр-прессов

Типоразмер . . . . .	ФОМ-600	PF-ROW-1/570
Поверхность фильтрования, м <sup>2</sup> :		
полная . . . . .	600	576
одной плиты . . . . .	5,2	3,84
Число плит . . . . .	116	150
Размер плиты, м . . . . .	1,5×2	1,5×1,5
Давление, МПа:		
рабочее . . . . .	1,0	1,0
зажима плит . . . . .	9,4	32,0
Установленная мощность электродвигателей зажима и передвижения плит, кВт . . . . .	15,3	12,2
Габариты, мм:		
длина . . . . .	12500	15000
ширина . . . . .	2350	2300
высота . . . . .	2450	1800
Масса, кг . . . . .	57000	127000

Удельная производительность фильтр-пресса составляет от 5 до 20 кг/(м<sup>2</sup>·ч) при влажности осадка 18-26% и уносе твердого с фильтратом от 1 до 3 кг/м<sup>3</sup>.

Для обезвоживания отходов флотации используются также непрерывно действующие ленточные фильтр-прессы.

Ленточный фильтр-пресс ЛМН15-2Г-01 (рис. 14.11) состоит из рамы 6, приводных 7 и натяжных барабанов, нижней 4 и верхней 2 фильтрующих лент, отжимающих валков 5 и загрузочного устройства 3.

Предварительно сфлокулированные и сгущенные флотохвосты питающим устройством 1 подаются на горизонтальный участок ленты 2, где происходит естественное дренирование воды под действием гравитационных и капиллярных сил. После обезвоживания дренированием материал перегружается на ленту 4 и поступает в клинообразную щель, образуемую верхней и нижней лентами. В этом пространстве осадок под действием возрастающего давления роликов сжимается и обезвоживается, фильтрат удаляется. Затем обе ленты синхронно огибают систему барабанов и отжимных роликов, с помощью которых увеличивается давление на осадок. После прохождения приводных барабанов 7 ленты расходятся в разные стороны. Осадок счи-

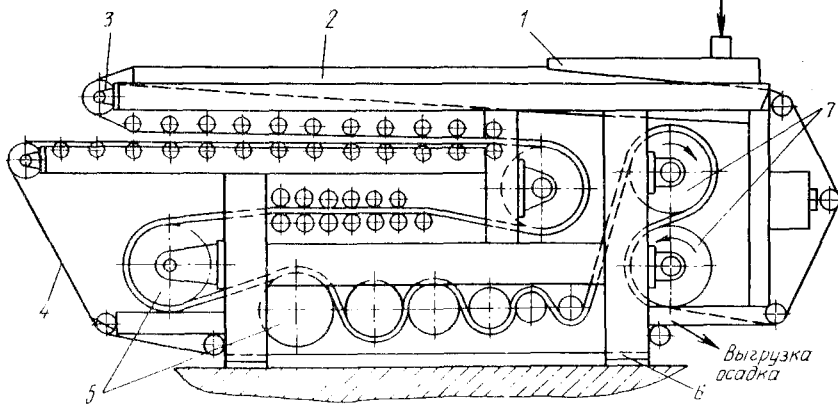


Рис. 14.11. Ленточный фильтр-пресс ЛМН15-2Г-01

щается скребками и падает на конвейер. Обе ленты промываются водой под давлением.

Фильтр-пресс снабжен теристорным приводом, механизмами центрирования лент, средствами КИП и автоматики. Ленточный фильтр-пресс компактнее и дешевле камерного, имеет более низкий расход электроэнергии, проще в эксплуатации и обслуживании. Влажность осадков, получаемых на ленточных и камерных фильтр-прессах, примерно одинаковая.

#### Техническая характеристика ленточного фильтр-пресса ЛМН15-2Г-01

Производительность по осадку, т/ч	До 10
Число фильтрующих лент	2
Поверхность фильтрования, м <sup>2</sup>	18
Ширина лент, мм:	
рабочая	1200
полная	1500
Длина фильтрующих лент, мм:	
верхней	22900
нижней	21300
Скорость движения фильтрующих лент, м/с	0,025-0,25
Установленная мощность электродвигателей, кВт	5,6
Габариты, мм:	
длина	5710
ширина	3145
высота	3310
Масса, кг	11400

#### 14.5. СХЕМЫ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Эффективность работы вакуум-фильтров зависит от выбора и компоновки основного и вспомогательного оборудования. В практике фильтрования наиболее распространены две схемы вакуум-фильтровальных установок: с принудительным удалением фильтрата из ресивера насосами и самотечным удалением фильтрата.

Схема с принудительным отводом фильтрата распространена на углеобогатительных фабриках. Установка с удалением фильтрата наносами состоит из воздуходувки, фильтра, насосов, ресивера, гидроловушки, вакуум-насосов, барометрической трубы и гидрозатвора, соединенных между собой трубопроводами.

Схема работает следующим образом. Отсасываемый из вакуум-фильтра воздух вместе с фильтратом поступает в ресивер, в котором происходит разделение воздуха и фильтрата. Фильтрат, скапливающийся в нижней части ресивера, откачивается насосом. Воздух из ресивера через гидравлическую ловушку откачивается вакуум-насосом. В случае попадания в гидроловушку фильтрата последний будет стекать по барометрической трубе в гидрозатвор. Нижний конец барометрической трубы опущен в воду, которая препятствует засасыванию атмосферного воздуха в трубу.

Воздуходувка необходима для подачи сжатого воздуха в фильтр в период отдувки осадка. Гидроловушка поднята над гидрозатвором на высоту 10,5 м с целью предупреждения попадания фильтрата в вакуум-насос при аварийных ситуациях или в случае создания предельного вакуума (0,1 МПа).

Недостаток данной схемы состоит в следующем: для гарантии работы фильтровальные насосы должны устанавливаться ниже ресивера на 3-5 м; при работе насосов необходимо постоянно контролировать уровень фильтрата в ресивере, чтобы не допустить переполнения ресивера и остановки фильтров.

К преимуществам схемы относят возможность установки вакуум-фильтров на нижних отметках фильтровальных отделений.

Схема удаления фильтрата самотеком отличается тем, что фильтрат из ресивера поступает самотеком по барометрической трубе в гидрозатвор, из которого уже может откачиваться насосом. Объем бака гидрозатвора должен быть достаточным для заполнения барометрической трубы в случае создания предельного вакуума в системе. Ресивер должен быть установлен выше гидрозатвора на 10,5 м.

Преимущества данной схемы заключаются в простоте и надежности в работе, меньших потерях вакуума в вакуумной сети.

Указанные схемы подразделяются на виды: с групповой компоновкой фильтров и вакуум-насосов (два-три фильтра на один ресивер) и индивидуальной компоновкой (каждому фильтру - ресивер и вакуум-насос).

Схема с групповой компоновкой фильтров предусматривает

сбор фильтрата в одном ресивере. Недостаток схемы в том, что при порыве ткани на одном фильтре наблюдается падение вакуума на всех фильтрах, соединенных с одним ресивером.

Индивидуальная компоновка фильтра с одним ресивером лишена этих недостатков. Однако в этом случае возрастают затраты на оборудование и снижается коэффициент его использования.

В практике углеобогащения редко применяется схема с раздельным вакуумом в зоне набора и подсушки осадка, обладающая значительными преимуществами. Это объясняется определенными трудностями в эксплуатации подобной схемы. В принципе, предусматривается удаление фильтрата из зоны набора осадка через ресивер низкого разрежения (47-60 кПа), а из зоны подсушки через ресивер высокого разрежения (80-87 кПа). Различное разрежение в зоне набора и зоне подсушки осадка создается с помощью регулирующей аппаратуры.

Вспомогательное оборудование фильтровальных установок включает вакуум-насосы, воздуходувки, ресиверы, ловушки, гидрозатворы.

Водокольцевые вакуум-насосы (КВН-50; ВВН-50; ДВН-150 и др.) создают вакуум, отсасывают вместе с воздухом воду из полостей фильтров. Насос состоит из частично заполненного водой корпуса, в котором эксцентрично расположено рабочее колесо с изогнутыми лопатками. При вращении под действием центробежной силы вода отбрасывается к периферии корпуса, где она создает замкнутое водяное кольцо. Между водяным кольцом и ступицей колеса и лопатками в нижней части образуются воздушное пространство, соединяемое со всасывающим патрубком насоса. В период вращения колеса в этой части создается разрежение, и воздух всасывается. В верхней части воздушное пространство между лопатками уменьшается, в результате чего воздух сжимается и вытесняется через отверстие и нагнетательный патрубок в водоотделитель, где вода отделяется от воздуха. От тепла, выделяющегося при сжатии воздуха, вода нагревается и эффективность действия насоса уменьшается.

Для поддержания температуры воды не выше  $45^{\circ}$  в вакуум-насос непрерывно подается свежая вода, избыток которой вытесняется вместе со сжимаемым воздухом.

Водокольцевые (ВК-50) воздуходувки конструктивно не отличаются от вакуум-насосов, но комплектуются более мощным электродвигателем. Водоотделитель воздуходувки снабжается регулятором уровня воды. Особенность водокольцевых насосов - отсутствие в них трущихся металлических деталей, что обуславливает длительный срок их службы. Кроме водокольцевых воздуходувок на фабриках также применяют более экономичные турбовоздуходувки, однако избыточное давление сжатого воздуха в них значительно ниже.

Ресивер служит для отделения газожидкостной смеси и

представляет собой цилиндрический резервуар со сферическими крышками и днищами с патрубками для ввода газожидкостной смеси и раздельного отвода газа и жидкости. В основном применяются ресиверы гравитационно-инерционного типа. Попадая в ресивер, поток резко снижает скорость вследствие расширения объема, а также изменения направления движения. Наталкиваясь на установленный в ресивере отбойник - перегородку, газо-жидкостный поток разделяется - жидкость оказывается внизу, а очищенный воздух вверх.

Ловушка устанавливается между ресивером и вакуум-насосом, выше ресивера с целью предохранения вакуум-насосов от возможного попадания в них жидкости. Внутри ловушки имеется отбойник - перегородка.

Гидрозатвор представляет собой емкость объемом не  $1 \text{ м}^3$ , заполненную водой, в которую опущена барометрическая труба, идущая от ловушки и заглубленная в гидрозатвор на 350-400 мм.

#### 14.6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГЛЕЙ

Обезвоживающие элеваторы устанавливают в комплексе с отсадочными машинами, мочными желобами, багер-зумпфами. В багер-зумпфе осаждаются и сгущаются крупнозернистый материал, который затем обезвоживается в элеваторе. Продолжительность обезвоживания для мелкого материала 27-29 с при скорости движения ковшей  $0,15-0,17 \text{ м/с}$ ; для крупного - 17-18 с при скорости движения ковшей  $0,25-0,27 \text{ м/с}$ . В элеваторах отсадочных машин продолжительность обезвоживания составляет 7-8 с, что объясняется условиями компоновки оборудования. Следовательно, влажность продуктов после обезвоживания в элеваторах зависит от продолжительности операции и крупности продуктов.

Обезвоживание на грохотах происходит в динамических условиях при движении воды и твердого материала по ситам. Дренажное движение воды ускоряется на подвижных грохотах при встряхивании материала.

Дуговые сита применяют для предварительного обезвоживания обводненных продуктов, содержащих до 75% воды. При этом отделяется до 85% воды.

Центробежные грохоты с коническими щелевыми ситами (ГК) работают по принципу гидроциклона и дугового сита. Центробежные грохоты получили широкое применение на углеобогажительных фабриках для обесшламливания угля перед отсадочными машинами, приема гидропульпы и предварительного обезвоживания концентрата. Удельная производительность грохота составляет  $80-100 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  и зависит от ширины щелей сита. Эффективность достигает 90-95%.

Подвижные грохоты применяют для обезвоживания крупного и мелкого концентратов, крупнозернистого шлама, промпродукта и отходов. На подвижном грохоте в значительной степени интенсифицируется процесс обезвоживания, так как материал не только движется по грохоту, но и все время разрыхляется и перемешивается. Из механических грохотов наибольшее распространение получили быстроходные качающиеся, вибрационные, резонансные и инерционные, обеспечивающие интенсивное удаление влаги.

Фильтрующие центрифуги на углеобогатительных фабриках применяют для удаления влаги из концентрата, промпродукта и шлама, как правило, из материала, предварительно обезвоженного на грохотах. Производительность фильтрующих центрифуг определяется скоростью перемещения осадка, толщиной его слоя и геометрическими размерами ротора. Изменение влажности обезвоживаемого материала от 12 до 30% практически не сказывается на конечной влажности осадка.

Результаты обезвоживания в осадительных центрифугах в значительной степени висят от производительности (нагрузки) по питанию: с возрастанием нагрузки увеличивается унос твердого с фугатом, так как сокращается время пребывания суспензии в роторе центрифуги, в слив попадают крупные зерна, повышается влажность осадка. Установлено, что между фактором разделения, влажностью осадка и степенью осветления суспензии в центрифугах существует прямая зависимость. Увеличение фактора разделения, который пропорционален квадрату частоты вращения ротора, с 350 до 600 приводит к снижению влажности осадка с 29,5 до 27,3%, степень осветления при этом повышается с 65 до 87%. Однако при большом содержании тонкодисперсного материала в суспензии повышение фактора разделения может привести к повышению влажности осадка из-за попадания в осадок тонких частиц.

С целью интенсификации процесса осадительного обезвоживания иногда применяют флокулянты, что значительно увеличивает степень осветления жидкой фазы.

Дисковые вакуум-фильтры применяют для обезвоживания флотационного концентрата. Удельная производительность, влажность осадка и унос твердого с фильтратом зависят от характеристики суспензии. Главные показатели суспензии - содержание в ней твердой фазы и гранулометрический состав твердой фазы. В практике углеобогащения предварительное сгущение флотоконцентрата не предусматривается. Гранулометрический состав твердого определяется сырьевой базой фабрики и принятой технологией обогащения. По данным исследований наиболее благоприятным по гранулометрическому составу является флотационный концентрат каменных углей с содержанием частиц -0,06 мм в пределах 20-40%.

Ленточные вакуум-фильтры применяют для обезвоживания предварительно сгущенных угольных и антрацитовых шламов, а

также крупнозернистой части сгущенных отходов флотации. Наличие крупнодисперсных частиц улучшает структуру осадка и повышает эффективность фильтрования. Применение флокулянтов ускоряет процесс подготовки питания ленточных вакуум-фильтров.

Фильтр-прессы обладают высокими показателями обезвоживания и чистоты фильтрата, дают хорошие результаты при фильтровании отходов флотации на углеобогатительных фабриках. С помощью фильтр-прессов обеспечивается замкнутая система водоснабжения углеобогатительных фабрик в регионах, где по условиям экологии невозможны создание и эксплуатация гидроотвалов. Влажность получаемых осадков зависит от гранулометрического состава питания, типа применяемого фильтр-пресса и давления прессования.

Вакуум-насосы целесообразно устанавливать возможно ближе к вакуум-фильтрам во избежание потерь разрежения в системе. Сжатый воздух для отдувки обычно подается от воздуходувок через воздухохранилища отдельных фильтров, в которых он очищается от брызг воды, а также накапливается. Для получения устойчивых качественно-количественных показателей работы фильтровальных отделений следует избегать изменений концентрации твердого в питании фильтров.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие способы обезвоживания известны?
2. Устройство и работа дренажных сит, обезвоживающих элеваторов и обезвоживающих грохотов.
3. Центрифугирование, устройство и эксплуатация фильтрующих и осадительных центрифуг.
4. Фильтрование, устройство и эксплуатация вакуум-фильтров и фильтр-прессов.
5. Какое вспомогательное оборудование используется в фильтровальных отделениях фабрик?

## Глава 15

### НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ

#### 15.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В зависимости от физико-химических свойств перемещаемой жидкости, требуемых напора и подачи, на углеобогатительных фабриках применяют насосы различных типов.

Подача насоса - объем (масса) жидкости, перемещаемая насосом в единицу времени. Массовая производительность  $M$  - масса жидкости, подаваемая в единицу времени:

$$M = \delta V,$$

где  $\delta$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Полный напор, развиваемый насосом:

$$H = p/(\delta g),$$

где  $p$  - давление, Па;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Полезная мощность насоса - мощность  $N_n$  (кВт), сообщаемая насосом подаваемой жидкости:

$$N_n = 0,001 \delta g H V_n,$$

где  $V_n$  - производительность насоса, м<sup>3</sup>/с.

Для транспортирования и подъема хозяйственно-питьевой и пожарной воды, свежей технической, оборотной технической и оборотной шламовой воды, различных гидросмесей (угольных шламов, отходов флотации), сточных вод, флотационных реагентов, магнетитовых суспензий обычно применяют центробежные насосы. Поршневые, струйные, винтовые и шестеренчатые насосы применяют значительно реже и лишь для специальных целей.

Центробежные насосы классифицируют по различным признакам. По числу рабочих колес различают одно- (одноступенчатые) и многоколесные (многоступенчатые) насосы. В многоступенчатом насосе жидкость проходит последовательно из нагнетательного канала предыдущего рабочего колеса во всасывающую часть последующего рабочего колеса. При этом напор жидкости, созданный первым рабочим колесом, увеличивается каждым последующим колесом. Многоступенчатые насосы создают высокие напоры.

По создаваемому напору насосы делят на низко- (до 20 м), средне- (от 20 до 60 м) и высоконапорные (более 60 м).

По способу подвода жидкости к рабочему колесу различают насосы с одно- и двусторонним подводом жидкости, которые называют также насосами двустороннего всасывания.

По расположению вала насосы делят на горизонтальные и вертикальные. Вертикальные насосы применяют при откачивании жидкости из колодцев и скважин.

По конструкции насосы бывают с горизонтальным разъемом корпуса и вертикальным. К насосам с вертикальным разъемом корпуса относят также секционные многоколесные насосы.

## 15.2. ТИПЫ НАСОСОВ, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

На углеобогащательных фабриках для подачи свежей технической, осветленной воды из илонакопителей и оборотной воды применяют насосы типа Д. Содержание твердых частиц не должно превышать 10 г/л, так как при более высоком содержании

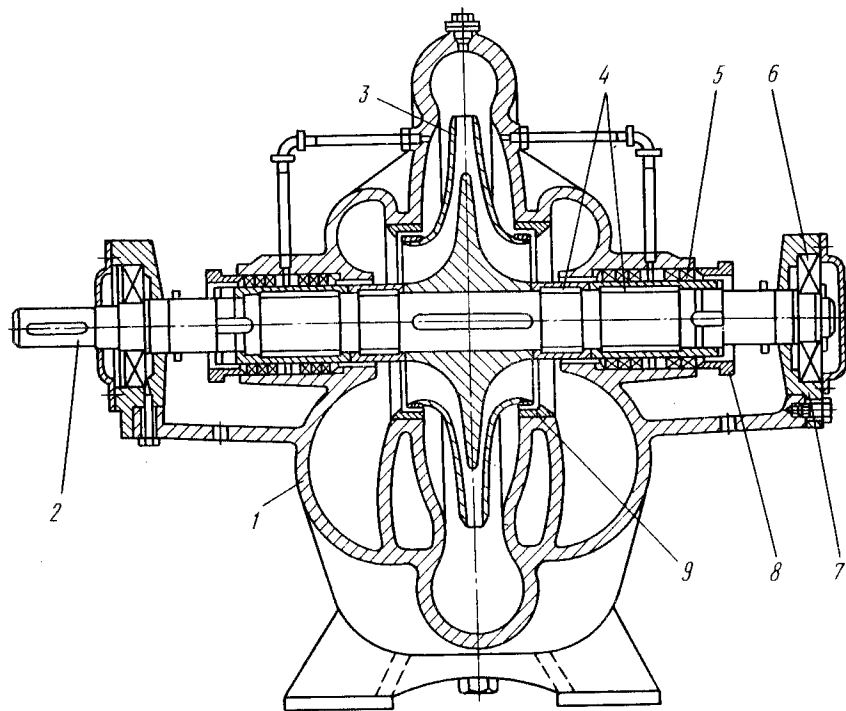


Рис. 15.1. Центробежный одноступенчатый насос Д

твердого в перекачиваемой воде увеличивается износ рабочих колес и корпуса насоса.

Центробежный одноступенчатый насос типа Д (рис. 15.1) состоит из спирального корпуса 1 с горизонтальным разъемом, вала 2, рабочего колеса 3, насаженного на вал со шпонкой, уплотняющих колец 9 и защитных втулок 8 вала 4. Для устранения просасывания воздуха применено сальниковое уплотнение 5, оборудованное подачей воды на металлическое кольцо. Корпусы подшипников вала 7 с подшипниками 6 крепятся болтами к корпусу насоса.

Подвод воды в насос двухсторонний, благодаря чему уравновешиваются силы осевого давления и не требуется специального устройства для их выравнивания. Наличие горизонтального разъема корпуса позволяет осматривать и сменять рабочие колеса, не прибегая к отсоединению всасывающего и нагнетательного патрубков. Уплотняющие кольца и защитные втулки вала сменяют по мере их износа. Насос соединен с электродвигателем с помощью упругой муфты. Насос и двигатель устанавливают на общей раме.

Таблица 15.1

Технические характеристики насосов типа Д, К и ЦНС

Тип	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	Мощность электродвигателя, кВт	Кпд, %
Д200-36	200	36	1450	40	72
Д200-95	200	95	2950	90	70
Д320-50	320	50	1450	75	76
Д320-70	320	70	2950	100	78
Д630-90	630	90	1450	250	80
Д800-57	800	57	1450	200	79
12НДС	1260	64	1450	250	-
14НДС	1260	37	960	160	-
3К-6	45	54	2900	17	63
4К-6	90	87	2900	55	65
4К-8	90	55	2900	22	73
4К-12	90	34	2900	17	77
6К-8	160	32,5	1450	30	78
6К-12	160	20	1450	13	81
8К-12	290	29	1450	40	82
8К-18	290	17,5	1450	22	83
ЦНС38-44-220	38	44*	1470	7,5*	-
ЦНС60-198-330	60	198**	2950	55**	-
ЦНС105-98-490	105	98*	2950	55*	-
ЦНС180-85-245	180	85*	1470	75*	-
ЦНС300-120-600	300	120*	1470	160*	-

\* При двух ступенях.

\*\* При четырех ступенях.

Для подачи чистой воды применяют также насосы типа НДС и К, при необходимости более высокой подачи используют насосы типа 12НДС и 14НДС, конструкции которых аналогичны конструкции насосов типа Д.

Насосы типа К (консольные) одноступенчатые с односторонним подводом жидкости предназначены для перекачивания воды, в которой отсутствуют взвешенные твердые частицы. Реже используют многоступенчатые насосы типа ЦНС для перекачивания чистой воды. В отличие от насосов типа К они могут развивать значительно большее давление (табл. 15.1).

Для подачи шламовых гидросмесей наибольшее распространение получили насосы типа ШН, Ш и МШ, а для подачи магнетитовой суспензии - насосы типа МШ, С и ГР, для подачи угольных гидросмесей - насосы типа ГР и У. Все эти насосы консольного типа и по конструкции мало отличаются друг от друга. Шламовые насосы предназначены для подачи гидросмесей

Таблица 15.2

Технические характеристики насосов типа ШН и Ш

Тип насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Мощность электродвигателя, кВт
ШН250-37	250	34	1470	55
ШН250-40	500	40	1450	100
ШН1000-45	1000	45	1450	250
6Ш8	250	54	1450	100
8Ш8	560	35	985	110

Таблица 15.3

Технические характеристики суспензионных насосов

Тип	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Мощность электродвигателя, кВт
8С8	360	42	985	160
10С8	610	59	980	320
ГрК1 60/31,5	160	31,5	1450	40
ГрК400/40	400	40	985	132

плотностью 1300-2500 кг/м<sup>3</sup>, крупностью частиц менее 20 мм и содержанием твердого не более 500 кг/м<sup>3</sup> (табл. 15.2).

Шламовый насос 6Ш8 (рис. 15.2) состоит из станины 6, корпуса 9, рабочего колеса 10, уплотнительных колец 13 и 11, вала 3, всасывающего патрубка 12, крышки сальника 8, подсальниковой втулки 1, подшипников 2 и 4, крышек подшипников 7 и 5. Проточная часть насоса изготовлена из серого чугуна. Станина насоса имеет разъем по горизонтальной плоскости. Конструкция сальникового уплотнения такая же, как в насосах для перекачки чистой воды. С двух сторон рабочего колеса укреплены уплотнительные кольца. Подшипники расположены в масляной ванне и защищены от попадания в них гидросмеси лабиринтным уплотнением. Рабочее колесо навинчено на вал с помощью резьбы, и в нем имеется четыре отверстия для уравновешивания осевого усилия. Шламовые насосы вследствие перекачки шламовых гидросмесей подвержены абразивному износу. Поэтому быстроизнашиваемые детали проточной части насоса изготавливаются из износостойких материалов.

Для перекачки магнетитовых суспензий плотностью 4300 кг/м<sup>3</sup> и крупностью до 0,1 мм магнетитовых частиц применяют суспензионные насосы типа Гр (грунтовые) и С (суспензионные) (табл. 15.3). Проточную часть насосов 8С8 и 10С8 изготавливают из высокохромистого чугуна повышенной прочности она может работать без замены 3000-4000 ч.



Рис. 15.2. Шламный насос 6ПШ8

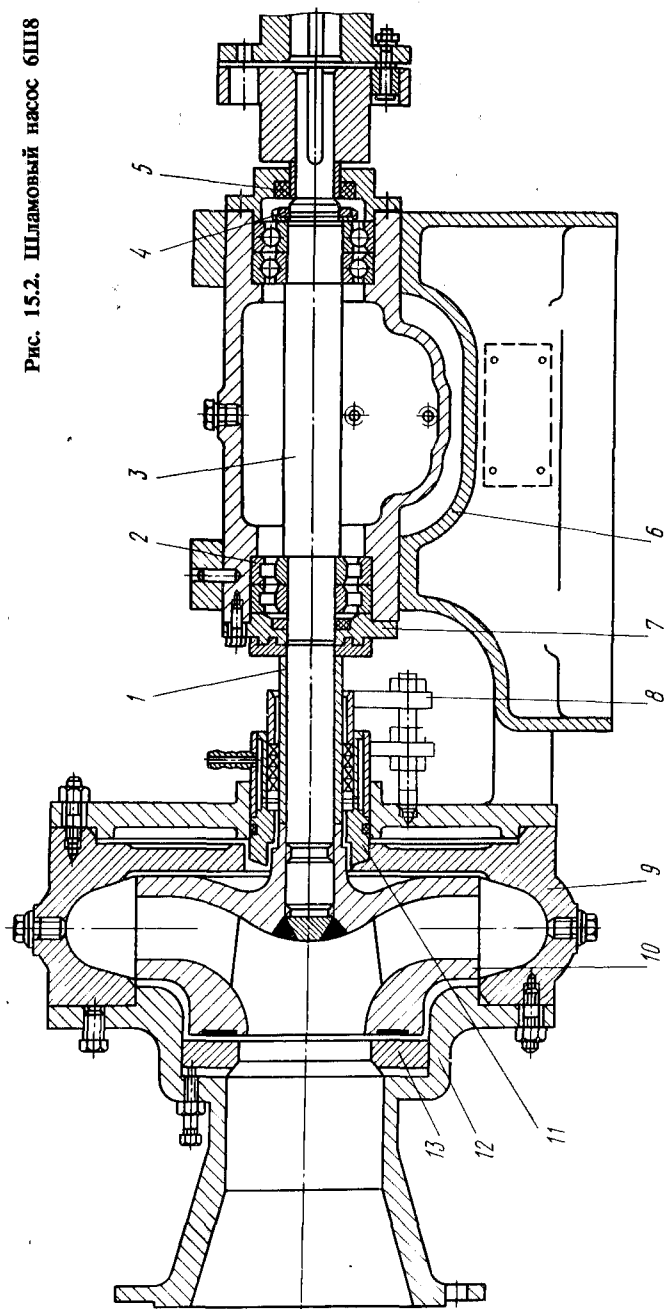
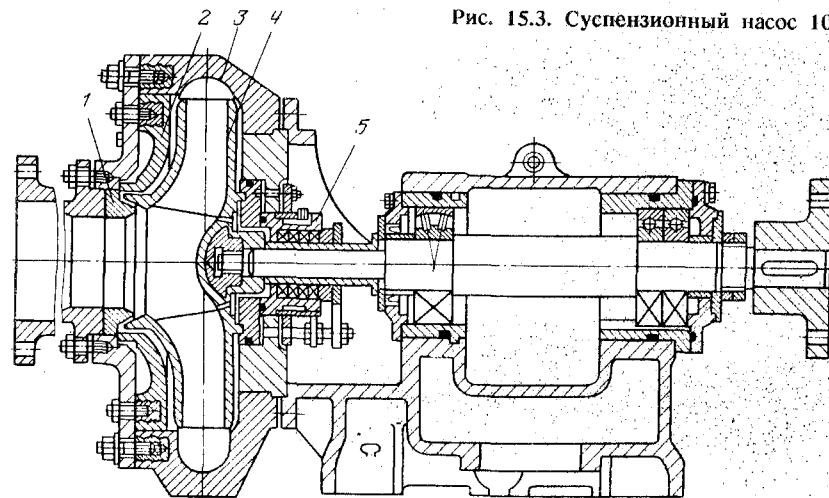


Рис. 15.3. Суспензионный насос 10С8



Суспензионный насос 10С8 (рис. 15.3) состоит из спирального корпуса 3, рабочего колеса 4, бронедисков 2, напавителя утечки 1, корпуса сальниковой набивки 5.

На углеобогащительных фабриках изредка применяются одноступенчатые углесосы 12У10, 10У4 и 10У5 для перекачивания гидросмесей, отходов флотации и др. (табл. 15.4). Давление в этих насосах изменяется путем изменения частоты вращения рабочего колеса в зависимости от требований эксплуатации. Проточная часть углесосов с целью увеличения износостойкости изготавливается из хромистой стали.

Углесосы способны перекачивать гидросмеси, содержащие куски размером до 100 мм. Углесосы всех типоразмеров, за исключением 12У10, имеют горизонтальный разъем корпуса, что позволяет производить осмотр и ремонт деталей проточной части, не отсоединяя углесос от всасывающего трубопровода и электродвигателя. Для предохранения вала от износа в месторасположении сальникового уплотнения на него насажена сменная втулка.

Т а б л и ц а 15.4

Технические характеристики углесосов

Тип	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Мощность электродвигателя, кВт
10У4	350	120	1485	320
10У5	600	175	1485	630
12У10	900	80	1450	320

Конструкция сальникового уплотнения шламовых и суспензионных насосов такая же, как в насосах для перекачки чистой воды. Для охлаждения сальникового уплотнения и предохранения его от попадания шлама или суспензии подается чистая вода.

На углеобогатительных фабриках также могут использоваться специальные насосы: поршневые, диафрагмовые, винтовые, шестеренчатые, струйные и др.

Поршневые и диафрагмовые насосы относятся к насосам типа вытеснения (объемным). Принцип действия их основан на возвратно-поступательном движении поршня или диафрагмы, при которой поочередно происходят процессы всасывания и нагнетания жидкости. Производительность этих насосов практически не зависит от напора. Поршневые насосы в зависимости от числа нагнетаний за один цикл движения поршня и по конструкции поршня различаются простого и двойного действия с поршнем, изготовленным в виде диска с уплотняющими кольцами и манжетами. За один цикл движения поршня в насосе простого действия происходят одно всасывание и одно нагнетание. В насосе двойного действия за один ход происходят два акта всасывания и нагнетания.

Диафрагмовые насосы состоят из камеры с двумя шаровыми клапанами и подвижной диафрагмой. Диафрагма совершает возвратно-поступательное движение при помощи кривошипно-шатунного механизма. При движении диафрагмы вверх происходит всасывание в камеру жидкости через клапан в нижней части камеры. При движении диафрагмы вниз жидкость через клапан в диафрагме переходит в камеру над диафрагмой. При повторении цикла жидкость сливается через порог.

Винтовые насосы относятся к насосам объемного типа. Рабочая часть насоса состоит из резинового статора с двухзаходным спиральным каналом и стального винта с однозаходной спиральной нарезкой. Во время работы насоса винт совершает сложное движение: он вращается вокруг собственной оси и, одновременно его ось движется по некоторой окружности. При вращении винта между ним и статором образуются свободные полости, перекачиваемая жидкость засасывается в них и перемещается вдоль оси насоса к нагнетательному отверстию. Подача насоса зависит от диаметра винта, шага и частоты вращения. Напор насоса зависит от числа шагов по длине статора. Винтовой насос является самовсасывающим, имеет высокий напор при небольшой подаче и не имеет клапанов. Винтовые насосы не могут работать без жидкости, так как резиновая обойма нуждается в смазке, поэтому перед пуском они должны обязательно заливаться водой.

Шестеренчатые насосы относятся к насосам объемного типа, т.е. работают по принципу вытеснения: жидкость переносится во впадинах между зубьями из полости всасывания в полость нагнетания.

### 15.3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Насосные установки располагают обычно в зданиях цехов фабрики, снабжают соответствующей трубопроводной арматурой; контрольно-измерительными приборами; устройствами дистанционного запуска, остановки и регулирования параметров насоса. Надежная работа насосов во многом зависит от правильной их эксплуатации.

Эксплуатация насосов включает пуск, регулирование, наблюдение и остановку. Основные правила эксплуатации центробежных насосов для подачи чистой воды и гидросмесей одинаковы, но последние имеют некоторые особенности.

При подготовке к пуску насоса для чистой воды следует произвести наружный осмотр, убедиться, что ограждения вращающихся частей закреплены, в подшипниках имеется смазка, сальниковая набивка в удовлетворительном состоянии, задвижка на нагнетательном трубопроводе закрыта, а на всасывающем открыта. После этого насос заливается.

Заливка насоса может осуществляться различными способами: обратным током воды из нагнетательного трубопровода после остановки насоса, подачей воды в специальное отверстие в корпусе насоса.

После заливки насоса и всасывающего трубопровода включают электродвигатель и начинают постепенно открывать задвижку на нагнетательном трубопроводе, а затем краны измерительных приборов и подачи воды на сальники и для охлаждения подшипников, если это предусмотрено инструкцией. Пуск насоса при открытой задвижке на нагнетательном трубопроводе не рекомендуется из-за резкого увеличения пусковых токов и возможного срабатывания электрической защиты электродвигателя. Остановка насоса производится в обратном порядке: закрывается задвижка на нагнетательном трубопроводе, отключается электродвигатель. Если насос останавливается на длительное время, жидкость из него сливается.

Обслуживание насосов заключается в систематическом наблюдении за показанием контрольно-измерительных приборов, температурой подшипников, наличием смазки в подшипниках, состоянием сальников. Затяжка сальниковой набивки должна быть такой, чтобы вода из них просачивалась небольшими каплями.

Перед пуском насоса для подачи гидросмесей следует дополнительно повернуть вал вручную и убедиться, что насос не зашламован. Если вал не проворачивается, необходимо насос расшламовать и промыть. Насосы для перекачки гидросмесей устанавливаются, как правило, таким образом, чтобы уровень гидросмеси в сборнике был выше оси насоса, т.е. насос всегда работал с подпором. Если сборник перед насосом зашламован, его промывают, либо гидросмесь взмучивают подачей во всасывающий патрубок под напором свежей технической воды или

## 16.1. СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ СУШКИ

сжатого воздуха. Пуск насоса в этом случае рекомендуется осуществлять с подачи во всасывающий трубопровод, наряду с гидросмесью, свежей технической воды. Остановка насоса может быть произведена только после того, как вся гидросмесь будет откачана. После остановки насоса на длительное время гидросмесь из сборника, насоса и нагнетательного трубопровода выпускается в дренажные канавы и специальные сборники.

Регулирование центробежных насосов осуществляется с целью изменения подачи и напора и производится различными способами. Наиболее экономичным является изменение частоты вращения рабочего колеса, что сопряжено с определенными трудностями и дополнительными затратами (замена электродвигателя, использование сменных шкивов и др.).

Уменьшение диаметра рабочего колеса обточкой вызывает изменение его параметров по следующим зависимостям:

$$Q_2 = Q_1 \frac{D_2}{D_1}; H_2 = H_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2; N_2 = N_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3,$$

где  $Q$  - расход жидкости, м<sup>3</sup>/с;  $H$  - высота подачи, м;  $D$  - диаметр рабочего колеса, м;  $N$  - затрачиваемая мощность, кВт;  $Q_1, H_1, D_1$  и  $N_1$  - параметры насоса до обточки рабочего колеса;  $Q_2, H_2, D_2$  и  $N_2$  - то же, после обточки рабочего колеса.

Максимальная обточка рабочего колеса допускается не больше 15-20%, из-за резкого снижения КПД насоса.

Подачу иногда увеличивают путем включения двух и более параллельно работающих насосов на один нагнетательный трубопровод. Для параллельной работы целесообразно использовать насосы с одинаковыми характеристиками. Однако подача увеличивается не в 2 или 3 раза, а в зависимости от сопротивления сети и определяется графическим способом. Этот метод эффективен при небольшом гидравлическом сопротивлении нагнетательного трубопровода.

Для увеличения напора в сети возможно использование двух последовательно работающих насосов. При этом нагнетательный патрубок первого насоса подключается к всасывающему патрубку второго насоса, и только нагнетательный патрубок второго насоса подключается к сети. При последовательной работе насосов несколько увеличивается подача, при этом напор возрастает, но меньше чем в 2 раза из-за увеличения скорости движения жидкости и соответствующего увеличения сопротивления сети. Изменение подачи и напора путем параллельной и последовательной работы насосов используется резко из-за их низкой эффективности.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими параметрами характеризуется работа насоса?
2. Какие насосы применяют на углеобогащительных фабриках?
3. Какие методы регулирования работы насосов известны?

Механический способ обезвоживания более экономичен, чем термический, но он не обеспечивает доведения влажности углей мелких классов и флотоконцентрата до необходимой кондиции. При тепловой сушке уголь можно высушить до любой влажности, поэтому этот процесс широко применяется на углеобогащительных фабриках.

Процесс сушки относится к массообменным в связи с перемещением тепла и влаги внутри материала и их переносом с поверхности материала в окружающую среду. Механизм сушки углей определяется в основном видом связи влаги с углем и режимом, при котором протекает процесс сушки. Для сушки важное значение имеют такие свойства материала, как размеры и форма частиц, влагоемкость, допустимая температура нагрева, взрыво- и пожароопасность и др. Чтобы повысить экономическую эффективность процесса сушки необходимо обеспечить максимально возможное снижение начальной влажности угля механическими способами.

Основная масса влаги, остающаяся в продуктах обогащения после механического обезвоживания, сосредоточена во флотационном и мелком концентрате, соответственно 45 и 35%.

Сушка угля осуществляется при организованной подаче тепла (сушильный агент - дымовые газы, образующиеся при сгорании топлива) и отвода агента сушки в специальных установках - сушилках.

От способа и аппаратного оформления процесса сушки зависит качество сухого угля, расход тепла, энерго- и металлоемкость.

На сушку направляют мелкий концентрат, флотационный концентрат, шлам, а также мелкий промпродукт. На некоторых фабриках сушке подвергается только флотационный концентрат. Пределы оптимальной влажности угля: для высушенного материала - 7-8% и шихты, направляемой на сушку, - 18%. Для более эффективной, бесперебойной и безопасной работы сушильных установок необходимо подавать на сушку шихту (смесь) из флотационного и мелкого концентрата.

На эффективность сушки влияют крупность, влажность угля и температура, скорость подачи сушильного агента и его относительная влажность. Чем выше температура и скорость сушильного агента, чем меньше его относительная влажность, тем интенсивнее протекает сушка. С подъемом начальной температуры сушильного агента интенсивность сушки возрастает и чем выше температура поступающих газов в сушилку и ниже уходя-

щих, тем экономичнее сушка. Наиболее эффективно процесс протекает в сушилках, где используются высокие температуры сушильного агента и активные аэродинамические режимы для удаления поверхностной влаги.

Одним из основных требований, предъявляемых при выборе сушилки, является получение наилучших технико-экономических показателей по капитальным затратам и себестоимости сушки при условии обеспечения заданного содержания влаги в конечном продукте.

Операция сушки на углеобогатительной фабрике отличается сложностью, трудо- и энергоемкостью. Эффективность работы сушильных установок определяется надежностью оборудования, четкостью выполнения операций при пусках, остановках и работе сушилок, а также стабильностью исходной шихты, поступающей на сушку.

На углеобогатительных фабриках получили распространение сушильные установки с конвективными методами передачи тепла - при непосредственном соприкосновении высушиваемого материала с сушильным агентом (барабанные сушилки, трубы-сушилки; сушилки кипящего слоя и др.).

Для расчета рабочего объема сушилок используют *напряжение объема сушилок по влаге*  $\omega$  [кг/(м<sup>3</sup>·ч)]. Этот параметр определяет массу влаги, испаряющейся за 1 ч в 1 м<sup>3</sup> сушилки.

Рабочий объем сушилки определяют по уравнению

$$V_p = W/\omega,$$

где  $W$  - общая масса влаги, удаляемой за весь процесс сушки.

*Насыщенный влажный воздух* содержит максимально возможную массу водяного пара при каждом определенном давлении и данной температуре.

*Точкой росы* называется температура, при охлаждении до которой начинается конденсация воды, содержащейся во влажном воздухе.

## 16.2. ТИПЫ СУШИЛОК, УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ

Барабанные газовые сушилки широко применяют на углеобогатительных фабриках для сушки продуктов обогащения (мелкий концентрат класса 0-13 мм в смеси с флотационным концентратом класса 0-1 мм или один флотационный концентрат).

Барабанная сушилка с прямым теплообменом представляет собой установленный наклонно (до 5°) в сторону разгрузки вращающийся барабан, на котором имеются два бандажа и зубчатый венец привода (рис. 16.1). Бандажами барабан (см. рис. 16.1, а) опирается на четыре свободно вращающиеся ролика, установленные на рамах опорной и опорно-упорной станции.

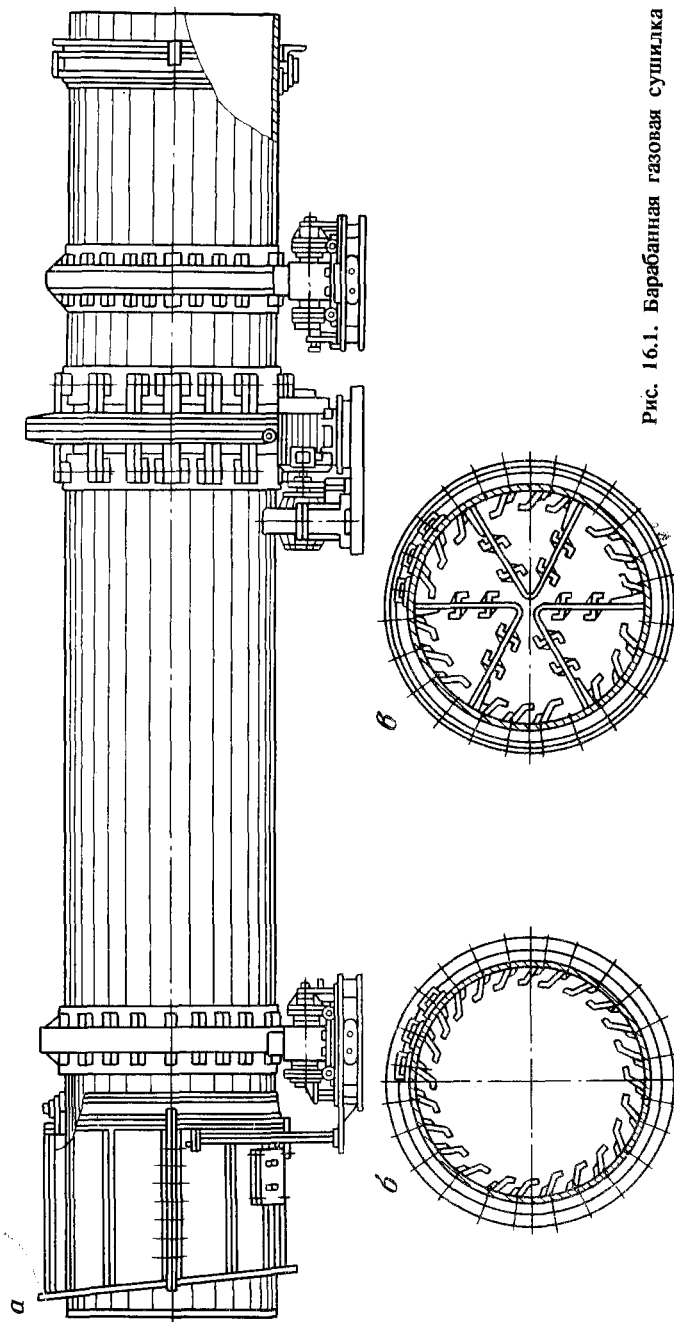


Рис. 16.1. Барабанная газовая сушилка

Типоразмеры сушильных барабанов

Тип	Диаметр барабана, мм	Длина барабана, мм	Масса, т
БН 2,8-14НУ-03	2800	14000	88,5
БН 3,5-18НУ-03	3500	18000	165,04
БН 3,5-22НУ-03	3500	22000	194,12
БН 3,5-27НУ-03	3500	27000	215,75

Внутри барабана укреплены насадки (см. рис. 16.1, б и в). Вращение барабану передается от привода, состоящего из электродвигателя, редуктора и приводной шестерни. С одного конца к барабану примыкают топка со смесительной камерой и загрузочное устройство, с другого конца - разгрузочная камера для высушенного материала. На обоих концах барабана устанавливаются уплотнения.

Для равномерного распределения материала по сечению барабана и интенсивного перемешивания его в процессе сушки применяют насадки различной конструкции в зависимости от свойств высушиваемых материалов. Лопасты, закрепленные внутри барабана, захватывают материал и рассыпают его тонкими параллельными каскадами. При низкой частоте вращения барабана (до 7-8 мин<sup>-1</sup>) материал, падая, соприкасается влажной поверхностью с горячими газами. Число каскадов, образующихся в сушильном барабане, зависит от числа и формы лопастей. Уголь перемещается вдоль сушильного барабана в результате наклона и вращения барабана, сноса частиц потоком газов, скатывания частиц по наружной поверхности материала. При продвижении по барабану от места загрузки к месту выгрузки материал высушивается и пересыпается более свободно. Форма и размеры внутренних насадок определяют диаметр барабана и характеристикой подвергаемого сушке материала (крупность, влажность, способность к слипанию) (табл. 16.1). Процесс сушки в сушильном барабане происходит следующим образом.

Горячие дымовые газы из топки по газоходу поступают в сушильный барабан. Влажный уголь из аккумулирующего бункера скребковым питателем по загрузочному желобу подается в сушильный барабан. Движению материала внутри барабана способствуют его вращение и наклон. Высушенный материал выгружается в разгрузочную камеру. Из разгрузочной камеры через питатель уголь поступает на конвейер. Отработанные дымовые газы направляются в батарейный пылеуловитель, в котором улавливается угольная пыль в сухом виде. Сушильный агент движется в барабане под действием разрежения, создаваемого дымососом. Окончательная очистка газов производится в мокром пылеуловителе, установленном на нагнетательной стороне дымососа.

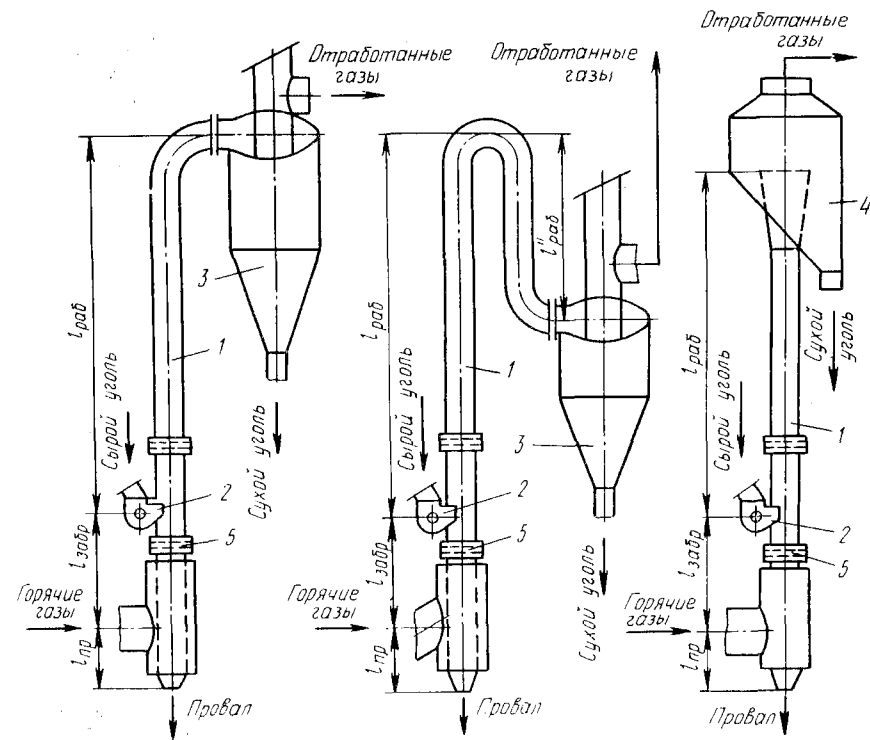


Рис. 16.2. Труба-сушилка

Очищенные отработанные газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу.

Продолжительность пребывания материала в барабане зависит от характеристики сушимого продукта, его начальной и конечной влажности и составляет от 15 до 40 мин. Влажность высушенного материала составляет 4-6%, а в некоторых случаях до 1,5%.

Преимущество барабанных сушилок - возможность сушки продуктов при высоких температурах нагретых газов (700-800°С) и значительной крупности исходного материала (до 250 мм), а также материалов, не обладающих сыпучими свойствами (флотационные концентраты и шламы).

К недостаткам барабанных сушилок можно отнести: значительную массу сушилки (4-5 т на 1 т испаренной влаги в 1 ч), большие габариты, налипание влажного материала на внутреннюю поверхность барабана, а также то, что в процессе сушки до 25% ее сушильного объема занято сушимым материалом.

Труба-сушилка (рис. 16.2) состоит из прямолинейного участка 1, загрузочного устройства 2, разгрузочного аппарата

3 (циклон 3 или сепаратор 4), компенсаторов 5, длина рабочего участка  $l_{\text{раб}}$ , длина участка заброса  $l_{\text{забр}}$ . Трубы изготавливают диаметром от 900, 1100 до 1250 мм и длиной рабочего участка 15-25 м. Снизу вверх проходит горячий газ со скоростью 30-40 м/с, который увлекает высушиваемый материал. Сушка материала в горячем газовом потоке происходит практически мгновенно благодаря интенсивной передаче тепла от газов к взвешенным частицам материала. Удельное влагонепряжение объема труб сушилок в 8-10 раз больше, чем у сушильных барабанов. Для равномерной подачи влажного материала в трубу-сушилку применяют специальные питатели УЗТ-9, УЗТ-11 и др. Процесс сушки в трубе-сушилке происходит следующим образом.

Горячие дымовые газы из топки поступают в трубу-сушилку. Заданная скорость движения дымовых газов в трубе-сушилке поддерживается вентилятором - дымососом. Выше точки подачи газов в трубу-сушилку загрузочным устройством подается сырой материал, который подхватывается восходящим потоком дымовых газов и перемещается по трубе вверх. При движении материала по трубе с его поверхности испаряется влага. Высушенный материал поступает в циклон или гравитационный аппарат, в котором твердая фаза отделяется от газообразной. Отработанные газы из циклона или гравитационного аппарата поступают на вторую стадию очистки в батарейный пылеуловитель и затем на третью стадию - в мокрый пылеуловитель. Высушенный материал из разгрузочной камеры выгружается скребково-барабанным питателем, а из батарейного пылеуловителя через шлюзовый затвор поступает на сборный ленточный конвейер. Выгрузочные устройства могут быть и других конструкций, но все они должны обеспечивать достаточную герметичность сушильного тракта в местах разгрузки.

При сушке в трубе-сушилке часть материала падает в нижнюю часть сушилки (провал) и выводится специальными устройствами, одновременно герметизирующими установку снизу. В качестве герметизирующих устройств используются шнековые конвейеры, скребковые питатели, шлюзовые гидрозатворы.

В трубах-сушилках сушится мелкий концентрат в смеси с флотационным концентратом и шламом.

Трубы-сушилки работают при температуре газов на входе 600-1000 °С и на выходе 90-120 °С.

Основные преимущества труб-сушилок - это компактность, простота устройства, отсутствие быстроизнашивающихся узлов, большая скорость сушки, обусловленная интенсивной передачей тепла от газов к взвешенным частицам материала.

К недостаткам труб-сушилок можно отнести малый диапазон регулирования производительности, значительный износ от истирания сушильного тракта и заметное истирание материала, а также наличие дополнительного узла провала в нижней части трубы.

Сушилка кипящего слоя представляет собой шахту, разделенную по высоте газораспределительной решеткой на две камеры. Верхняя камера снабжена загрузочным и разгрузочным устройствами и приборами контроля температуры и является зоной кипящего слоя. В нижнюю камеру под давлением поступают газы из топки. Газораспределительная решетка является одним из основных узлов сушилок кипящего слоя, которая определяет работоспособность и надежность их эксплуатации.

Схема сушильной установки кипящего слоя (рис. 16.3) включает дымосос 1, мокрый пылеуловитель 2, батарейный пылеуловитель 3, шлюзовый затвор 4, конвейеры 5, 7, скребково-барабанный питатель 6, бункер сухого угля 8, циклон 9, бункер влажного угля 10, питатель 11, сушилку "кипящего" слоя 12, растопочную трубу 13, борову 14 и топку 15.

Процесс сушки в кипящем слое заключается в продувке газа через слой материала, находящегося на газораспределительной решетке, с такой скоростью, при которой устойчивость слоя нарушается. В зависимости от скорости прохождения газов через слой материала, различают три состояния псевдооживленного слоя: кипящий, взвешенный и фонтанирующий.

Сушилки кипящего слоя могут работать как под давлением, так и под разрежением. В настоящее время большее распространение получили сушилки с подачей теплоносителя под давлением.

Сушилка кипящего слоя работает следующим образом. Горячие дымовые газы из топки направляются под газораспределительную решетку сушильной камеры. Сырой материал через питатель подается на газораспределительную решетку. При продувке газа через слой материала, находящегося на газораспределительной решетке, с такой скоростью, при которой слой материала приводится в кипящее состояние, создается хороший контакт между газом и материалом. Материал "течет" по решетке от места загрузки в сторону разгрузки. Крупный высушенный материал разгружается из сушилки через разгрузочное устройство, а мелкий, унесенный потоком газов, попадает в циклон, из которого очищенные газы выбрасываются в атмосферу с помощью дымососа.

В целях увеличения срока службы газораспределительных решеток и снижения опасности загорания отложившегося на решетке материала температуру газов под решеткой обычно поддерживают не выше 550-600 °С. В угольной промышленности применяют установки кипящего слоя с прямоугольным или квадратным сечением сушильной камеры с направленным движением потока сушеного материала.

Преимущества сушки материала в кипящем слое - высокая интенсивность сушки, большая производительность агрегатов и возможность регулирования времени пребывания материала в сушилке. Сушилки кипящего слоя успешно применяются для сушки смеси мелкого концентрата и флотоконцентрата.

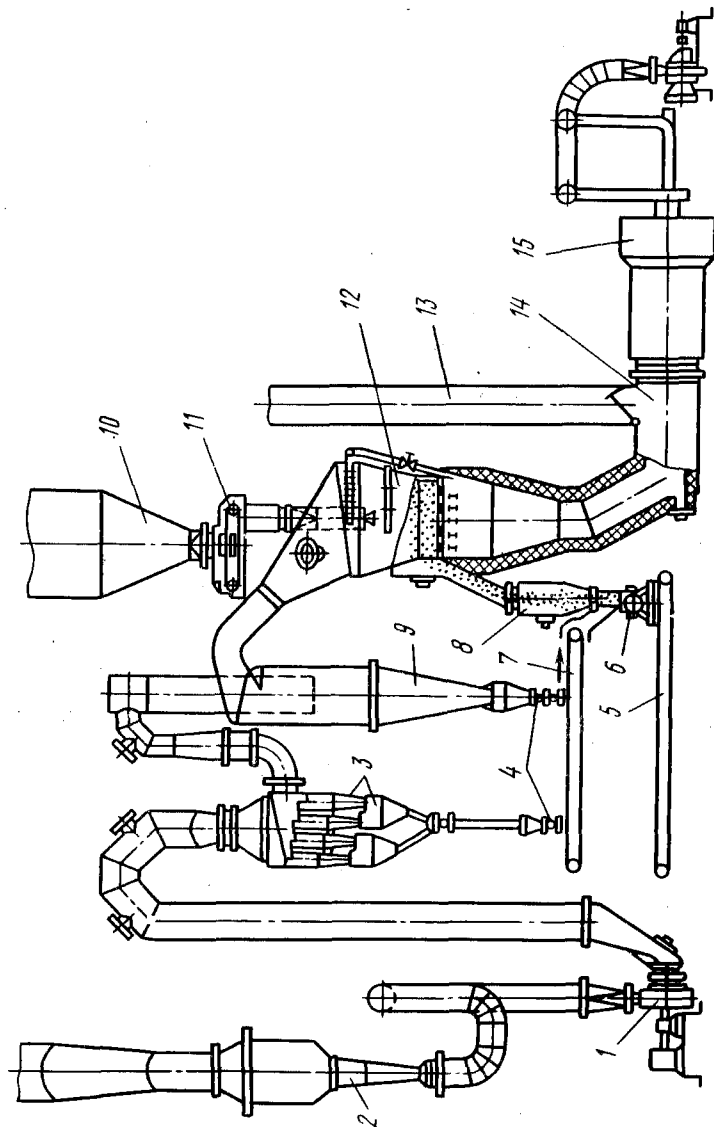


Рис. 16.3. Сушильная установка кипящего слоя

Производительность сушилок кипящего слоя определяется площадью газораспределительной решетки (в эксплуатации находятся сушилки с площадью решетки 2,5; 4; 7; 12; 29 м<sup>2</sup>), качественной характеристикой исходного угля и требованиями к его конечной влажности.

Пневмосопловые сушилки при равной производительности по испаренной влаге имеют габаритные размеры в несколько раз меньшие, чем трубы-сушилки. Интенсивность и экономичность сушки достигаются в результате увеличения начальной температуры и скорости газа. Указанные условия интенсификации сушки реализуются в аппаратах, выполняемых в виде трубы Вентури.

В прямоточных пневмосопловых сушилках в горловине трубы Вентури газовая струя достигает скорости 100-150 м/с. При этой скорости газов и их высокой начальной температуре на входе в аппарат, интенсивном рыхлении материала газовым потоком, а также при срыве влаги с угольных частиц сушка происходит почти мгновенно. Начальная скорость сушильного агента, значительно превышающая взвешивающую скорость материала, позволяет в режиме устойчивого пневмотранспортирования осуществлять глубокое регулирование пропускной способности аппарата. Из-за короткого рабочего участка аппарата разгон твердой фазы, а следовательно, ее скорость значительно меньше, чем в трубах-сушилках, и поэтому уменьшается абразивный износ стенок аппарата.

Напряжение по испаренной влаге на единицу объема сушильного аппарата составляет, кг/(м<sup>3</sup>·ч):

пневмосопловая сушка . . . . .	3500-5000
труба-сушилка . . . . .	1000
газовая барабанная сушилка . . . . .	150
сушилка кипящего слоя . . . . .	350

Исполнение сушилки в виде трубы Вентури дает возможность интенсифицировать процесс в 3-4 раза и разработать малогабаритные аппараты большой производительности. Простота конструкции, широкий диапазон регулирования производительности создают благоприятные условия для широкого внедрения прямоточных пневмосопловых сушилок.

Исходный материал подается питателем УЗТ-9 через загрузочный желоб и попадает во встречный газовый поток. Дымовые газы из топki поступают в конфузурную часть аппарата, приобретают максимальную скорость в горловине и выходят в диффузурную часть аппарата, где встречаются с падающим сверху влажным материалом. Движущиеся снизу газы останавливают падающий сверху материал и вытесняют его из аппарата. Попадая в сепаратор, газы снижают скорость до 2-3 м/с. При этом материал отделяется от газового потока, затем поступает в бункерную часть сепаратора и далее через питатель на погрузку. Отработанные газы, выходящие из сепаратора, очищаются в батарейном циклоне и мокром пылеуловителе, а затем выбра-

связываются в атмосферу. Движение газов по сушильному тракту обеспечивается дымосом Д-15,5.

Скорость газов в горловине достигает 150 м/с, что обеспечивает разрушение слипшихся комков сырого материала и механический срыв влаги с частиц материала, интенсифицирует процесс сушки в несколько раз.

Преимущество пневмосопловых сушилок по сравнению с другими аппаратами - высокая производительность при небольшой металлоемкости, широкий диапазон регулирования влажности высушиваемого угля, отсутствие быстроизнашивающихся деталей.

### 16.3. ТОПОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

При сушке продуктов обогащения используются дымовые (топочные) газы, которые получают при сжигании в топках твердого, жидкого и газообразного топлива. В качестве топлива на углеобогащительных фабриках применяют каменный уголь (или продукты обогащения), мазут и природный газ.

При сжигании твердого топлива применяют топки следующих типов: с цепной решеткой, с шурующей планкой, факельно-слоевые прямого и обратного ходов.

Пылеугольное топливо сжигается в топках с молотковыми мельницами. Уголь подается в молотковую мельницу, измельчается, в пылевидном состоянии потоком воздуха выносится в топочную камеру.

К топочным устройствам камерного сжигания относятся топки, работающие на жидком и газообразном топливе.

На углеобогащительных фабриках наибольшее распространение получили механические топки с цепными решетками прямого хода. Топки имеют небольшой объем, просты в эксплуатации, в них можно использовать топлива разного качества. Основной деталью цепной решетки прямого хода является колосниковое полотно, собранное на двух бесконечных цепях, надетых на две пары валов, из которых передней является ведущим. Вал ведущий со звездочками приводится во вращение от электродвигателя.

Рама топок представляет собой сварную конструкцию из щек, усиленных вертикальными стойками и продольными швелерами. Щеки соединены между собой продольными балками, являющимися междузонными перегородками. К щекам и междузонным балкам приварены листы-перегородки, которые образуют зонные камеры, куда подается воздух, необходимый для горения. На поперечные балки приварены междузонные уплотнения. Длина уплотнений подобрана так, что на каждом из них всегда находится не менее одного колосника, чем предотвращается протекание воздуха из зоны в зону.

В этих топках в результате движения колосникового полотна происходят непрерывная подача топлива на решетку и удаление

с нее шлака. Топки с цепными решетками прямого хода отличаются наличием верхнего зажигания. По длине решетки могут быть выделены следующие зоны: свежего топлива, выхода летучих веществ, газификации, горения кокса и шлака.

На фабриках применяют топки с цепными решетками типа БЦР (беспровальная цепная решетка), типа БЦР-М (беспровальная цепная решетка модернизированная) и ЧЦР (чешуйчатые цепные решетки). Кусинский машиностроительный завод - основной поставщик топок для сушильных установок фабрик в настоящее время выпускает топки с цепными решетками типа ТЧ, улучшенной конструкции, в которых отношении поверхности охлаждения к поверхности нагрева колосника больше. Все указанные цепные решетки относятся к чешуйчатым.

В топках с цепными решетками прямого хода сжигаются каменные угли марок Г, Д, Т, ОС, К, Ж. В топках данного типа с повышением зольности топлива снижается теплонепредающее сопротивление зеркала горения. Это объясняется особенностью горения на цепной решетке прямого хода с односторонним зажиганием топлива - чем выше зольность, тем на большей части решетки приходится выжигать шлак. С целью снижения потерь от химического недожога, с уносом и уменьшением озоления концентрата используется острое и отсекающее дутье. При этом под решетку подается 80% общего объема воздуха и 20% на острое и отсекающее дутье при сжигании углей марок Г, Ж, Д, 90 и 10% соответственно при сжигании углей марок К, Т, ОС.

В целях улучшения зажигания трудновоспламеняющихся топлив топочная камера снабжается задним (дожигающим) сводом. Длина свода в случае сжигания каменных или высококачественных бурых углей принимается равной 0,4 активной длины решетки, а для трудновоспламеняющихся топлив - до 0,5-0,65.

Высокая эффективность работы слоевых топок достигается при факельно-слоевом методе сжигания топлива в топках с цепными решетками обратного хода и с пневмомеханическими забрасывателями (рис. 16.4).

Топка устроена следующим образом. Чешуйчатое колосниковое полотно 9 огибает приводной вал 3 и задний вал 5, двигаясь своей верхней ветвью по подколосниковым балкам 4 в сторону пневмозабрасывателя 1, а нижней ветвью движется по опорному ролюгангу 7. Дутьевые зоны 8 расположены под верхней ветвью колосникового полотна, предтопок 10 защищает пневмозабрасыватель 1, расположенный на передней стенке топки 2. В топках с цепными решетками обратного хода осуществляется комбинированный процесс сжигания топлива (горение в слое и во взвешенном состоянии). Крупные частицы сгорают на решетке, а мелкие отсеиваются при забросе и горят в топочном объеме. В таких топках горение топлива происходит в сравнительно тонком слое, благодаря чему практически полностью исключаются спекание и шлакование, поэтому надобность в операции шурувания отпадает.



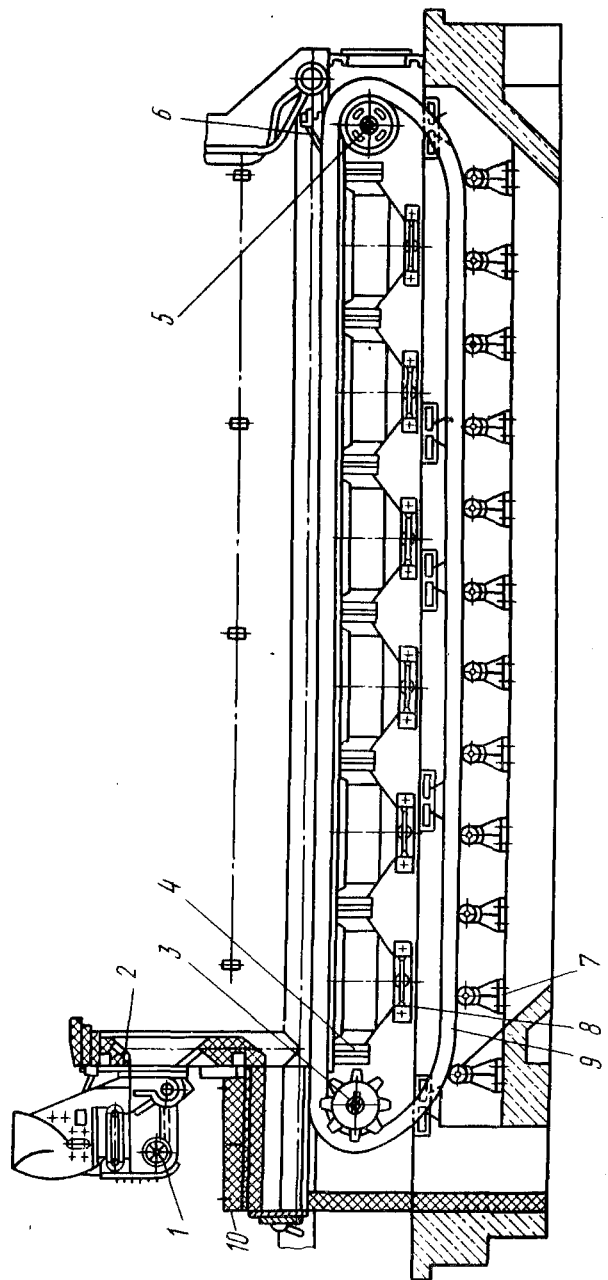


Рис. 16.4. Сложная решетка с цепными решетками обратного хода и пневмомеханическим забрасывателем

Благодаря пневмомеханическому забросу топлива они могут работать на несортированных углях с содержанием мелочи 0-6 мм до 60%.

Предтопок устанавливается на уголках шек в передней части рамы. Каркас предтопка сварен из профильного проката. На переднем листе предтопка устанавливаются две дверки. Под верхними листами обшивки размещен подвесной свод из шамотных огнеупорных кирпичей, установленных в чугунных подвесках. Пространство между листом и шамотными кирпичами заполняется теплоизоляционным материалом. Стенки подтопка с внутренней стороны обмуровываются огнеупорным кирпичом. Для удержания кирпичей имеются специальные кронштейны. Для подвода воздуха на пневмозаброс предусмотрен воздушный короб, установленный в верхней части подтопка.

Пневмомеханический забрасыватель ЗП-400 или ЗП-600 состоит из корпуса забрасывателя, ротора, пластинчатого питателя и привода питателя. Ротор забрасывателя работает по схеме верхнего заброса, при которой уголь при падении с пластинчатого питателя, не попадая в лоток, забрасывается в топку. Дальность заброса регулируется изменением частоты вращения ротора и угла наклона регулирующей плиты.

Пневмомеханические ротационные забрасыватели позволяют осуществить непрерывную подачу топлива и распределение его по всей поверхности горящего слоя.

Топки с шурующими планками на сушильных установках углеобогащительных фабрик применяются систем Васильева и Татищева. Топки с шурующими планками системы Татищева более удачны, отличаются простотой конструкции и при правильной эксплуатации довольно надежны в эксплуатации. Решетка топki обычно выполняется из простых стандартных беспровальных колосников.

Подача топлива на решетку, перемещение слоя горящего угля по рабочему полотну и сброс в бункер образовавшегося шлака производятся шурующей планкой. Она располагается вдоль фронта топki и в исходном положении находится на дне угольного бункера. Периодически планка проходит вперед по рабочему полотну решетки и, дойдя до определенного места, возвращается назад. В сечении планка имеет форму треугольника с большим углом наклона передней грани и меньшим углом наклона задней грани, что при движении вперед и назад обеспечивает перемещение различного объема топлива. При движении планки вперед в топку подается уголь, при обратном ходе планки происходит шуровка слоя. Такой порядок работы планки обеспечивает постепенное передвижение слоя угля вдоль колосниковой решетки и интенсивную его шуровку.

Тепловой цикл при схеме с постоянной длиной хода шурующей планки выглядит следующим образом. В течение 30-40 с планка работает, делая ход "вперед" и "назад", а в течение 2,5-3 мин она стоит. Полный цикл совершается в среднем за 3,5 мин.

Сжигание начинается с подготовки свежесподанного топлива к горению, подсушивания и зажигания; далее осуществляется основное горение, и заканчивается процесс выжиганием шлака. За решеткой расположен шлаковый бункер.

У топок системы Васильева шурующая планка перемещается с помощью двух складных штанг. Опыт эксплуатации этих топок показал, что цепи-штанги на топках не обладают достаточной прочностью и быстро выходят из строя.

Топки системы Татищева имеют охлаждаемую водой шурующую планку, передвигаемую двумя трубчатыми штангами, служащими одновременно для подвода и отвода воды. Привод топки системы Татищева выполнен в виде жесткой подвижной рамы, приводной механизм выведен за пределы топки. Между очередными рабочими ходами планка находится на дне топливного бункера. Она крепится к двум толстостенным трубам, которые через переднюю стенку бункера выходят наружу перед фронтом топки. Концы этих труб жестко соединены с кареткой, перемещающейся на роликах по направляющим уголкам или швеллерам приводного механизма. Каретка получает движение от электродвигателя через червячный или цилиндрический редуктор с помощью шарнирной цепи, ведомую и ведущую звездочки. Изменение направления движения планки осуществляется автоматически при помощи концевых выключателей. Наиболее часто применяют одинарные шурующие планки шириной 1200-1900 мм. Высота расположения планки над колосниковой решеткой должна быть не более 20 мм.

При сжигании каменных углей высота слоя обычно принимается 100-150 мм при частоте хода планки через 1,5-2 мин. При средних нагрузках решетки и объеме топки потери тепла от химического недожога составляют 4-5%, а потери с уносом достигают до 8-10%, теплонапряжение на решетку составляет 850-1200 кВт/м<sup>2</sup>.

Для повышения удельной производительности топки с шурующей планкой оборудуются пневмозабросом. Особенность работы таких топок - факельно-слоевое сжигание топлива.

Площадь колосниковых решеток топок с шурующими планками, работающих на углеобогажительных фабриках: системы Васильева - 6,3 и 7,6 м<sup>2</sup>, системы Татищева - 7; 8,75 и 13,6 м<sup>2</sup>.

К недостаткам топок с шурующей планкой следует отнести: периодическую подачу топлива на решетку, что вызывает периодичность в тепловыделении слоя, приводящую к тепловой цикличности, отрицательно влияющей на режим сушки угля (колебания температуры газов составляют 80-100 С от среднего уровня);

вынос мелочи в значительном объеме из слоя во время хода шурующей планки, приводящий к озолению сушеного материала; ненадежность работы из-за быстрого износа приводных механизмов планки, а также сильную загазованность и значительный химический недожог.

Пылеугольные топки различного конструктивного исполнения, применяемые на углеобогажительных фабриках при соответствующей характеристике сжигаемого топлива, просты в эксплуатации.

При пылевидном сжигании топливо вдувается в топку в смеси с транспортирующим его воздухом и сгорает во взвешенном состоянии в топочной камере. Частицы пыли находятся в ней несколько секунд и за это время должны сгореть. Наилучший выжиг топлива достигается при хорошем перемешивании его с воздухом, при более ровном гранулометрическом составе пыли и более равномерной подаче топлива. Пылеугольные топки требуют растопочного топлива (газ, мазут), соответственно специального хозяйства по растопочному топливу.

В качестве топлива для пылеугольных топок сушильных установок могут использоваться бурые и каменные угли с выходом летучих веществ более 25%, зольностью не более 15%, коэффициентом размолоспособности более 1,1, температурой начала деформации золы более 1150 С. При сушке угля наиболее распространенные получили пылеугольные шахтно-мельничные установки.

Шахтно-мельничная установка является размольно-сушильным устройством, состоящим из быстроходной молотковой мельницы и шахтного сепаратора, расположенного над ней, устанавливаемым непосредственно у топки сушильной установки.

В зависимости от вида сжигаемого топлива воздух, вводимый в топку, распределяется следующим образом: первичный (через мельницу) 30-70%, верхние и нижние сопла 40-20%, задние сопла 10%, в устье шлакового бункера 5-15%, присосы воздуха 5%.

При сжигании углей повышенной размолоспособности на сушильных установках стали применять топки со среднеходовыми мельницами валкового типа МВС. При установке среднеходовых мельниц пылевидное топливо подается в топку вентилятором с помощью специального горелочного устройства (вихревая прямоточно-улиточная горелка типа ОРГРЭС), которое обеспечивает лучшее по сравнению с шахтно-мельничными установками воспламенение и горение топлива.

Топки для жидкого и газообразного топлива значительно улучшают санитарно-гигиенические условия труда, полностью исключают озоление концентрата и затраты на шлакоудаление, а также облегчают автоматизацию работы топок сушильных установок. Однако эти дефицитные виды топлива имеют очень ограниченное применение на углеобогажительных фабриках. Это объясняется как недостаточными ресурсами этих топлив, так и целесообразностью использования для собственных нужд выпускаемой угольной продукции.

Устройства для сжигания жидкого и газообразного топлива имеют два конструктивных элемента: форсунку и топочную камеру. Назначение форсунки - подача в топку мазута, его рас-

пыление и смешение с воздухом. В топке протекают все процессы, связанные с горением распыленного мазутного факела. Для сжигания мазута в топках сушильных установок применяют газомазутные горелки типа ГМГ и НГМГ. Для лучшего распыления и горения в топке мазут должен быть в достаточной мере текуч и не иметь механических примесей. Для этого его подогревают до температуры, соответствующей марке мазута, отфильтровывают, а также освобождают от воды.

При использовании газообразного топлива в соответствии с видами горения существуют диффузорные горелки, кинетические и частичного предварительного смешения. По способу подачи воздуха горелки делят на бездутьевые, эжекционные и дутьевые (с принудительной подачей воздуха). Правильный подбор горелки и ее обслуживание обеспечивают хорошее и безопасное сгорание газа в топочной камере. Сушильные отделения получают газ от распределительных устройств низкого (до 5 кПа) и среднего (от 5 до 0,3 МПа) давления. Давление снижается в газорегуляторных пунктах (ГРП) и установках (ГРУ). Газорегулирующие установки (ГРУ), как правило, размещают непосредственно в сушильном отделении или смежном с ним помещении, соединенном открытым дверным проемом, и при обеспечении в этом помещении трехкратного часового воздухообмена.

#### 16.4. ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Сушильные установки углеобогатительных фабрик оснащаются пылеулавливающими аппаратами различных типов. Для очистки газов от грубой пыли наибольшее распространение получили циклоны конструкции НИИОГаза типа ЦН диаметром от 1120 до 5000 мм. С увеличением скорости газового потока на входе в циклон повышается его кпд. Скорость газового потока можно увеличивать до определенного предела, при превышении которого очистка газа снижается. При увеличении диаметра циклона снижается угловая скорость газового потока, т.е. уменьшается величина ускорения центробежной силы, что, в свою очередь, приводит к уменьшению кпд. При необходимости очищать большие объемы запыленных газов рекомендуется устанавливать циклоны параллельно группами по два, три, четыре, шесть, восемь циклонов в каждой.

На сушильных установках в качестве второй ступени технологической сухой очистки газов используют батарейные и групповые циклоны различных конструкций. Наиболее часто применяют батарейные циклоны типа БЦ и ПБЦ.

Батарейный пылеуловитель ПБЦ (рис. 16.5) состоит из циклонных элементов 4, размещенных в корпусе 2, бункера пыли 3 со шлюзовым затвором 5. В крышке циклона и камере очищенного воздуха расположены взрывные клапаны 1. Практика работы и результаты исследований показали, что степень очистки воз-

духа от пыли зависит в основном от диаметра циклона. У циклонов диаметром 2-3 м она составляет 60-80%, а у циклонов диаметром 0,3-0,5 м может достигать 90-92%, так как в циклонах малого диаметра на частицу действует большая центробежная сила. Батарейный циклон типа ПБЦ в зависимости от типоразмера содержит от 24 до 96 циклонных элементов с диаметром элемента 250 мм. Допустимая температура газов 120 °С, запыленность 100 г/м<sup>3</sup>, кпд 95-97%.

К недостаткам батарейных циклонов относят возможность забивания циклонных элементов пылью, сложность очистки и монтажа циклонных элементов, повышенное гидравлическое сопротивление.

Аппараты мокрого пылеулавливания МПР-75 и МПР-100 (рис. 16.6) предназначены для окончательной очистки запыленных газов мокрым способом. Запыленные газы нагнетаются дымососом 2 в аппарат 1 через колено 5, в котором установлены форсунки для орошения пылегазового потока и жалюзийные решетки. В результате орошения часть пыли под действием инерционных сил осажается на решетке и стекается в виде шлама в нижнюю часть колена 5 в гидрозатвор. На входе в трубу Вентури, установленную перед аппаратом 1, газы повторно орошаются из форсунок. Аэрозоль, выходящий из трубы Вентури, проходит через закручивающую решетку аппарата 1. В результате резкого снижения скорости потока и уменьшения центробежных сил капли оседают на внутренних стенках брызгоуловителя, стекают в кольцевой желоб и по сливным трубам выводятся из аппарата.

В качестве третьей ступени очистки дымовых газов применяют также центробежные скрубберы ЦС - ВТИ диаметром 100-1300 мм, аппараты МП - ВТИ. Это скоростные пылеуловители, в которых газовый поток орошается распыленной водой.

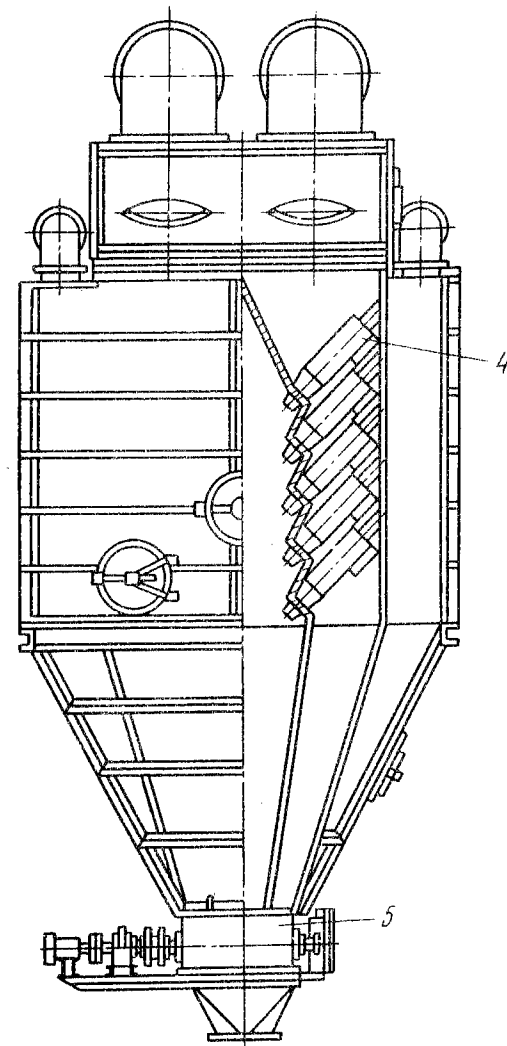
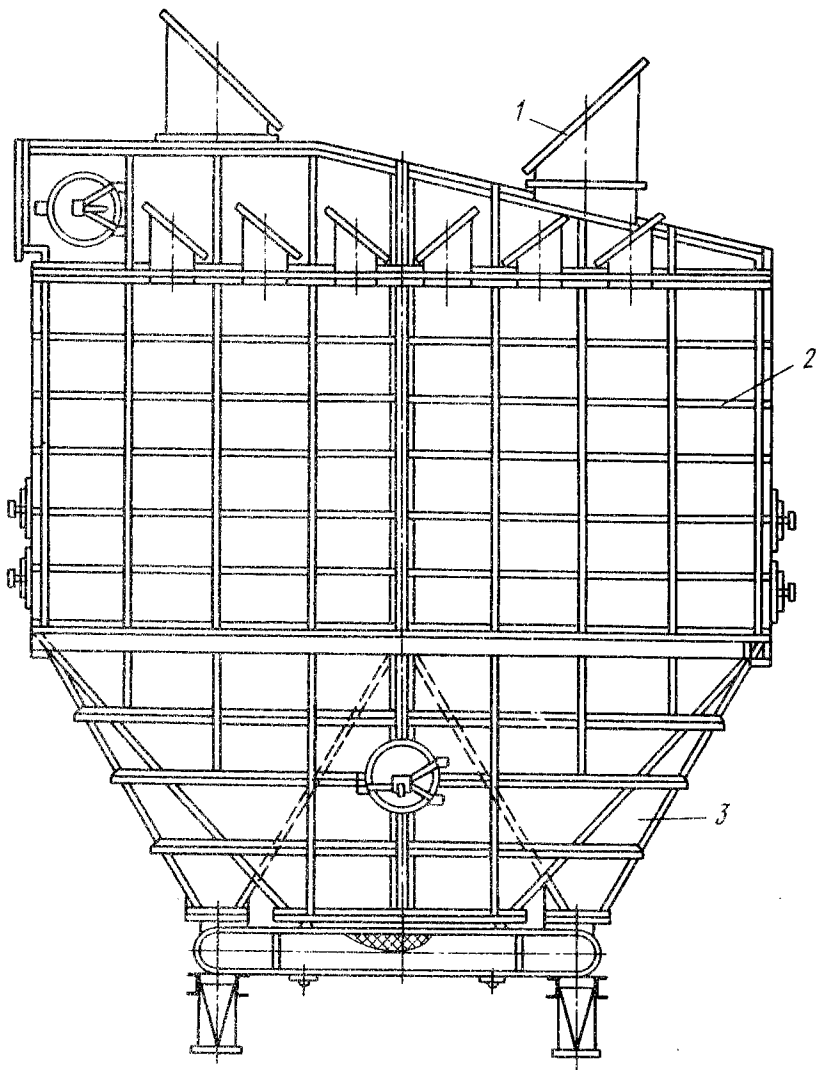
К преимуществам мокрого пылеулавливания относят: незначительные затраты на процесс, высокую эффективность улавливания пыли, возможность очистки газов с высокой начальной температурой.

Недостатки мокрого пылеулавливания - образование шламов и влажных отложений в отводящих газоходах и иногда необходимость специальной обработки шламов и создание замкнутых систем орошения.

Для улучшения работы и увеличения производительности сушильных установок имеют большое значение устройства, которые устанавливают под разгрузочными и пылеулавливающими аппаратами. На большинстве фабрик для разгрузки пыли из пылеулавливающих аппаратов применяют усовершенствованные мигалки различных конструкций, шлюзовые питатели, лопастные затворы. Разгрузочные камеры барабанных сушилок оборудуются герметизирующими скребковыми питателями (ПГС-100).

На барабанных сушилках в качестве разгрузочных аппаратов применяют гравитационные разгрузочные камеры квадратной,

Рис. 16.5. Батарейный пылеуловитель ПБЦ

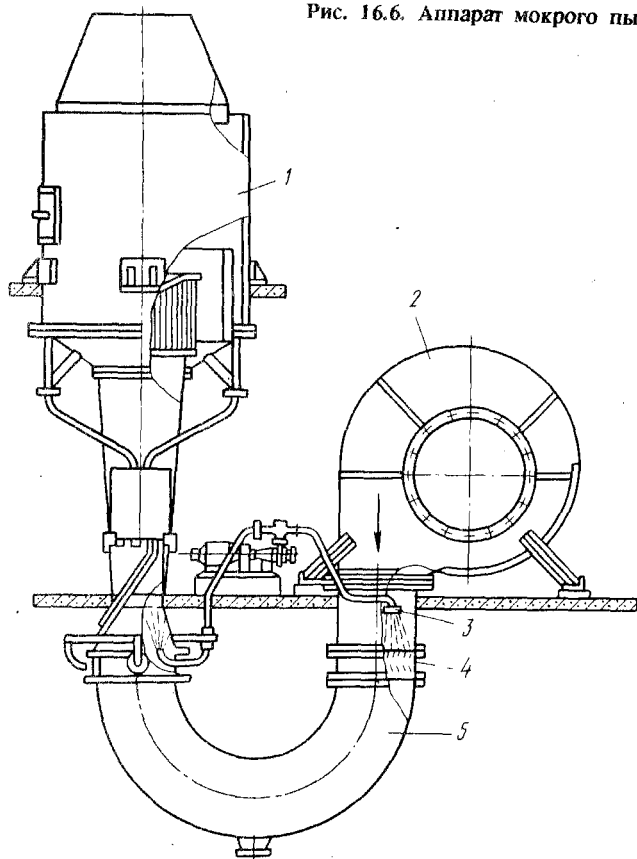


прямоугольной и круглой формы. Для технологической очистки газов на барабанных сушилках диаметром 2,8 м монтируют одиночные циклоны диаметром 3-3,2 м. На барабанных сушилках диаметром 3,5 м применяют группы циклонов конструкции НИИО-Газа диаметром 1,25 м, располагая их с боковых сторон разгрузочной камеры.

При применении гравитационных сепараторов на трубах-сушилках на первой ступени пылеулавливания унос пыли воз-

растает в 4,5-5 раз по сравнению с разгрузочными циклонами. Поэтому гравитационные сепараторы можно применять на трубах-сушилках только при сушке углей с содержанием класса 0-1 мм менее 25-30%.

Рис. 16.6. Аппарат мокрого пылеулавливания МПР



### 16.5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

При эксплуатации барабанных сушилок особое внимание следует обращать на состояние опорных станций барабана и смазку подшипников опорных и опорных станций. Соприкосновение образующих бондажа сушильного барабана и опорного ролика должно быть по длине не менее 75%.

Необходимо систематически осматривать состояние внутренних устройств (насадок), сушильных барабанов. При их износе резко сокращается производительность сушилки. При неизменной нагрузке на сушильный агрегат по сырому углю повышение частоты вращения барабана, с одной стороны, приводит к сокращению времени сушки, с другой - приводит к уменьшению за-

полнения барабана материалом. Оптимальная частота вращения барабана подбирается опытным путем. Таким же способом осуществляется механическая наладка насадочных устройств.

Одним из основных мероприятий, обеспечивающих повышение производительности барабанной сушилки, является создание условий перевода сушимого угля во взвешенное состояние, что достигается применением рациональных внутренних насадок, увеличением скорости газов и частоты вращения барабана, подачей материала в барабан в разрыхленном состоянии.

При эксплуатации труб-сушилок наблюдаются чередующиеся изменения производительности сушильных аппаратов в большую или меньшую сторону. Технологический процесс протекает практически безынерционно, поэтому залегание угля в виде сводов, а затем их обрушение в бункерах отражаются на качественно-количественных показателях работы труб-сушилок.

Материал в газовом потоке сушится почти мгновенно, находясь в контакте с горячими газами около 0,5 с, а во всей системе - около 5 с.

Интенсификация процесса сушки в трубах-сушилках и увеличение их производительности достигаются за счет увеличения производительности топков и замены дымососов на более производительные. Производительность трубы-сушилки определяется не размерами сушильной трубы, а главным образом, расходом тепла и газов, подводимых в аппарат. Большое значение для устойчивой работы аппарата имеет конструкция и техническое состояние питателя-забрасывателя. При внезапном резком повышении подачи материала возможны "завал" нижней части трубы и выпуск бракованной по влаге продукции. При уменьшенных подаче сырого угля и производительности аппарата повышается температура в газоходах и пылеуловителях, возможны загорание угля в них, деформация и разрушение аппаратов. Повышение температуры происходит быстро, поэтому обслуживающий персонал обязан следить и предотвращать подобные ситуации.

Технологический режим работы сушилок кипящего слоя имеет определенные особенности. Когда температура сушильного агента очень высокая, влага испаряется быстро и уголь нагревается до температуры возгорания. Не менее опасно и понижение температуры сушильного агента - "кипение" прекращается, поэтому возможно возгорание. Для контроля температуры на сушильных установках используют термодары, которые размещают на выходе из топки, в сушильной камере и перед ней, в пылеуловителях и после них.

Наиболее важно контролировать и регулировать температуру сушильного агента над кипящим слоем - в камере. Температура сушильного агента перед сушильной камерой может регулироваться автоматически открыванием и закрыванием жалюзей, через которые к нему добавляется атмосферный воздух при одновременном автоматическом регулировании подачи топлива в топку сушилки.

При поддержании постоянной температуры сушильного агента при поступлении его в сушильную камеру (использование жидкого или газообразного топлива создает реальные условия) автоматически регулируется расход подаваемого влажного угля, что, в свою очередь, регулирует температуру сушильного агента в камере над кипящим слоем угля.

При эксплуатации сушилок кипящего слоя предусматривается возможность быстрого удаления из сушильной камеры осевших в ней золы и угля сдуванием их горизонтальной струей пара или горячего газа через соответствующие люки в водный бассейн или наполненный водой желоб. На случай неполадок в работе конвейера, выдающего из сушильной камеры высушенный уголь, необходимо иметь при камере резервный бункер вместимостью, достаточной для приема всего угля, находящегося в камере. Сушильная камера должна быть оборудована автоматически действующими разбрызгивателями воды для предотвращения чрезмерного повышения температуры слоя угля.

Для сушильных установок, оборудованных сушильными барабанами, на случай внезапной остановки транспортными средствами для высушенного угля, объем нижней части разгрузочной камеры должен обеспечивать прием всего угля, находящегося в сушильном барабане. При недостаточном объеме разгрузочной камеры должны быть разработаны мероприятия, обеспечивающие быстрое удаление угля из сушильного барабана.

Каждая углеобогатительная фабрика составляет применительно к местным условиям "Рабочую инструкцию по эксплуатации сушильной установки", которая согласовывается с бассейновым отраслевым научно-исследовательским институтом и утверждается главным инженером фабрики. В рабочей инструкции должны быть изложены все особенности, обеспечивающие безопасную эксплуатацию сушилок, включая порядок их аварийных установок.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему необходима термическая сушка на углеобогатительных фабриках?
2. Какова область применения барабанных сушилок, труб-сушилок, сушилок кипящего слоя?
3. Принцип действия барабанных газовых сушилок, труб-сушилок, сушилок кипящего слоя.
4. Какие виды топок применяются на сушильных установках углеобогатительных фабрик?
5. Какие типы пылеулавливающих устройств применяются на сушильных установках углеобогатительных фабрик?
6. Системы регулирования работы барабанных газовых сушилок, труб-сушилок, сушилок кипящего слоя.

#### 17.1. СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ (АСУ ОФ)

Автоматизация - применение технологических средств с целью полной или частичной замены участия человека в процессах получения, преобразования, передачи и использования информации. Различают автоматизацию частичную, при которой автоматизируются отдельные операции и процессы, и комплексную, при которой автоматизация охватывает весь цикл работ. Автоматизация повышает производительность труда и качество продукции, усиливает ритмичность производства и экономит материалы, оптимизирует производство, улучшает условия труда и повышает его безопасность.

Автоматизированная система управления (АСУ) - система, основанная на применении технологических средств, которые обеспечивают автоматический сбор информации, принятие и реализацию решений задач оперативного управления, учета, контроля, анализа, планирования и других аспектов производственно-хозяйственной деятельности. Персонал фабрики не участвует в процессе функционирования системы, труд человека необходим для обслуживания. Что же касается управления технологией или даже отдельными технологическими участками, то оно возможно в настоящее время при помощи автоматизированных систем лишь с участием человека.

Видами АСУ являются автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП), автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

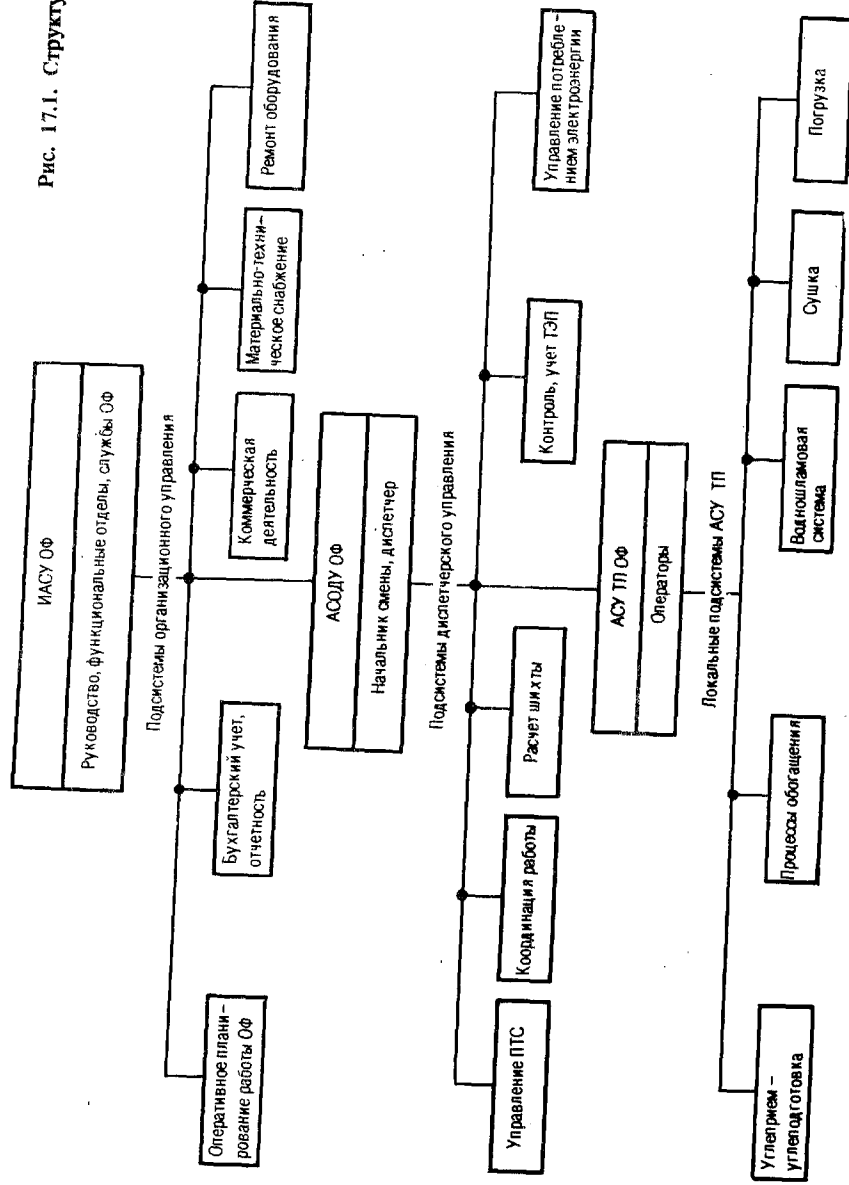
В АСУ ОФ решаются задачи организационного (административно-хозяйственного), оперативно-диспетчерского управления и управления технологическими процессами.

Такие АСУ называются интегрированными (ИАСУ). Они позволяют связать воедино все технологические и экономические аспекты управления на фабриках.

Принцип построения ИАСУ иерархический (система управления нижнего уровня подчинена по критерию системе более высокого ранга): верхний уровень иерархии образуют подсистемы организационного управления (АСОУ), средний - автоматизированные системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) и нижний - АСУ технологическими процессами (АСУ ТП). Функциональная система ИАСУ ОФ проведена на рис. 17.1. Из рис. 17.1 видно, что АСОУ выполняются по функциональному признаку. Ее подсистемы организационного управления решают следующие задачи.

Оперативное планирование работы ОФ - формирование объемов

Рис. 17.1. Структура ИАСУ ОФ



обогащения и реализуемой продукции, расчеты по оплате труда, себестоимости и сменным заданиям, учет технико-экономических показателей и прогнозирование результатов обогащения. Бухгалтерский учет и отчетность - учет материалов, запасных частей и оборудования в целом по фабрике и в том числе по участкам; формирование отчетной документации. Коммерческая деятельность - расчеты с потребителями за товарную продукцию и с поставщиками за сырье и вспомогательные материалы. Материально-техническое снабжение - формирование заявок на оборудование, запасные части и материалы; контроль наличия запасных частей и материалов по фабрике в целом и в том числе по участкам. Ремонт оборудования - учет ресурса узлов оборудования и периодов обслуживания, расчет и анализ трудовых затрат и разработка графика планово-предупредительного ремонта. АСОДУ ОФ выполняются по функционально-технологическому принципу.

Подсистемы диспетчерского управления решают следующие задачи. Управление ПТС (поточно-транспортная система) - контроль и диагностика состояния оборудования, пуск и останов оборудования. Координация работ - контроль состояния оборудования, режимных параметров и оптимальных режимов; контроль за запасами рядовых углей, продуктов обогащения и свободных емкостей. Расчет шихты - контроль за количеством и качеством поступающего угля, расчет шихты углей; контроль за количеством угля в вагонах и бункерах, выдачи заданий автодозаторам. Управление потреблением электроэнергии - контроль и учет потребления электроэнергии, управление включением - выключением оборудования. Контроль, учет технико-экономических показателей работы ОФ - выпуска количества и качества продуктов обогащения, количества и качества отгруженной товарной продукции, формирование сменного и суточного рапорта, запасов вспомогательных материалов.

Развитие АСОДУ идет в направлении совершенствования традиционных подсистем и разработки новых. При этом претерпевает изменение и диспетчерское оборудование, в частности, предусматривается использование микропроцессорной техники с целью программного управления запуском и остановом фабрики, диагностики состояния оборудования, а также промышленное телевидение, микроЭВМ и др. современные технические средства.

АСУТП ОФ строятся по технологическому принципу. Все ее подсистемы решают задачи - формирования информации, контроля, диагностики состояния оборудования и управления. Помимо этих задач каждая подсистема выполняет свойственные ей функции. Углеприем и углеподготовка - загрузка бункеров, шихтование рядовых углей и стабилизация их подачи в процесс. Процессы обогащения - стабилизация зольности смеси концентратов и оптимизация режимов обогащения. Водношламовая - регулирование режимов и стабилизация сгущения и осветления

шламовых вод. Сушка - оптимизация режимов и стабилизация влажности угля. Погрузка - загрузка вагонов.

В настоящее время АСУ функционируют на очень малом числе обогатительных фабрик. Из задач АСОУ решены и внедрены следующие: учет движения материалов, оплаты труда, остальные задачи находятся в стадии разработки.

На уровне АСОДУ решаются следующие задачи: координация работы технологических отделений и участков; централизованный контроль за состоянием технологического оборудования, параметрами и показателями работы технологических процессов; оперативное управление технологическими процессами (стабилизация нагрузки, оптимизация операций технологического процесса и др.); автоматический учет времени работы и простоев оборудования, основных его узлов и деталей; централизованный учет рядовых углей и продуктов обогащения (текущий, за смену, сутки и с начала месяца), расхода электроэнергии, топлива, реагентов и других материалов; формирование отчетных документов по расписанию и запросу (рапорт диспетчера, план переработки угля, ведомость работы участка погрузки угля и др.); прогнозирование результатов обогащения.

Системы регулирования, с помощью которых решаются частные, локальные (местные) задачи управления, принято называть локальными системами. Учитывая широкое распространение автоматических систем управления именно отдельными технологическими процессами на действующих обогатительных фабриках, ниже рассмотрены те из них, применение которых обеспечивает ведение основного технологического режима.

## 17.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ В ОТСАДОЧНЫХ МАШИНАХ

Наибольшее влияние на эффективность разделения угля в отсадочных машинах оказывают высота породной постели и степень ее разрыхленности. Поэтому при создании аппаратуры автоматизации эти параметры приняты в качестве регулируемого. В настоящее время серийно выпускается аппаратура автоматизации процесса обогащения в отсадочных машинах типа ОКА1 и ОКА2 (табл. 17.1).

Аппаратура ОКД2 базируется на регулирующем микроконтроллере (РКМ) и имеет более высокую надежность. Аппаратура ОКА2 выполняет следующие основные функции: автоматическое управление процессом отсадки по зольности концентрата в режимах стабилизации; автоматическую стабилизацию высоты и разрыхленности отсадочной постели, давления сжатого воздуха в ресивере воздухохранильника и дистанционное регулирование высоты и разрыхленности отсадочной постели, скорости восходящего потока и расхода подрешетной воды; автоматический контроль достоверности информации о зольности и блокировка системы

управления качеством при нарушении этих условий (контроль заклинивания роторного разгрузчика, работы блока управления колебаниями, подачи исходного угля и технологическая блокировка при ее исчезновении); местное управление механизмами комплекса (пуск - останов); управление параметрами колебательного цикла (длительность впуска, выпуска воздуха, пауза).

### Характеристики аппаратов ОКА1 и ОКА2

	ОКА1	ОКА2
Типоразмер . . . . .	ОКА1	ОКА2
Погрешность регулирования высоты отсадочной постели, мм . . . . .	5	4
Среднеквадратическое отклонение, %:		
сигнала датчика разрыхленности . . . . .	5	5
зольности концентрата . . . . .	0,5(абс.)	1,0(отн.)
Потребляемая мощность, кВт·А . . . . .	40	10
Диапазон регулирования разрыхленности, отн. ед. . . . .	0,4-0,85	
Диапазон регулирования высоты постели, мм . . . . .	50-320	50-350
Диапазон измерения расхода подрешетной воды, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	100-1600	100-1600
Диапазон измерения плотности подрешетной воды, кг/м <sup>3</sup> . . . . .	1000-1100	1000-1100
Погрешность измерения плотности подрешетной воды, кг/м <sup>3</sup> . . . . .	2,5	2,5
Относительная погрешность измерения расхода подрешетной воды, % . . . . .	4	4
Масса одной стойки-пульта, кг . . . . .	250	
Напряжение питания, В . . . . .	380, 220	220, 380
Число:		
стоек-пультов в типовом комплекте (на одну машину) . . . . .	5	1
шкафов микроконтроллера . . . . .	-	1
Диапазон регулирования давления сжатого воздуха в ресивере, кПа . . . . .	10-60	10-60

Аппаратура может работать в режимах стабилизации зольности и режиме оптимизации по критерию максимального выхода концентрата экономически целесообразного качества.

Аппаратура ОКА2 содержит пульт оператора, панель преобразователей, регулируемый микроконтроллер Ремиконт Р120, три датчика высоты отсадочной постели  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ , три тиристорных электропривода  $Пр_1$ ,  $Пр_2$ ,  $Пр_3$  с электродвигателями постоянного тока, три датчика скорости восходящего потока разделительной жидкости  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , пять блоков исполнительных механизмов ИМ1-ИМ5, четыре регулирующих клапана сжатого воздуха Кл1-Кл4, три регулирующие заслонки и датчик наличия нагрузки по исходному углю ДН.

Аппаратура выполнена по модульному принципу. В качестве автономных подсистем регулирования могут применяться регуляторы разгрузки и регуляторы загрузки совместно с регуляторами разрыхленности.



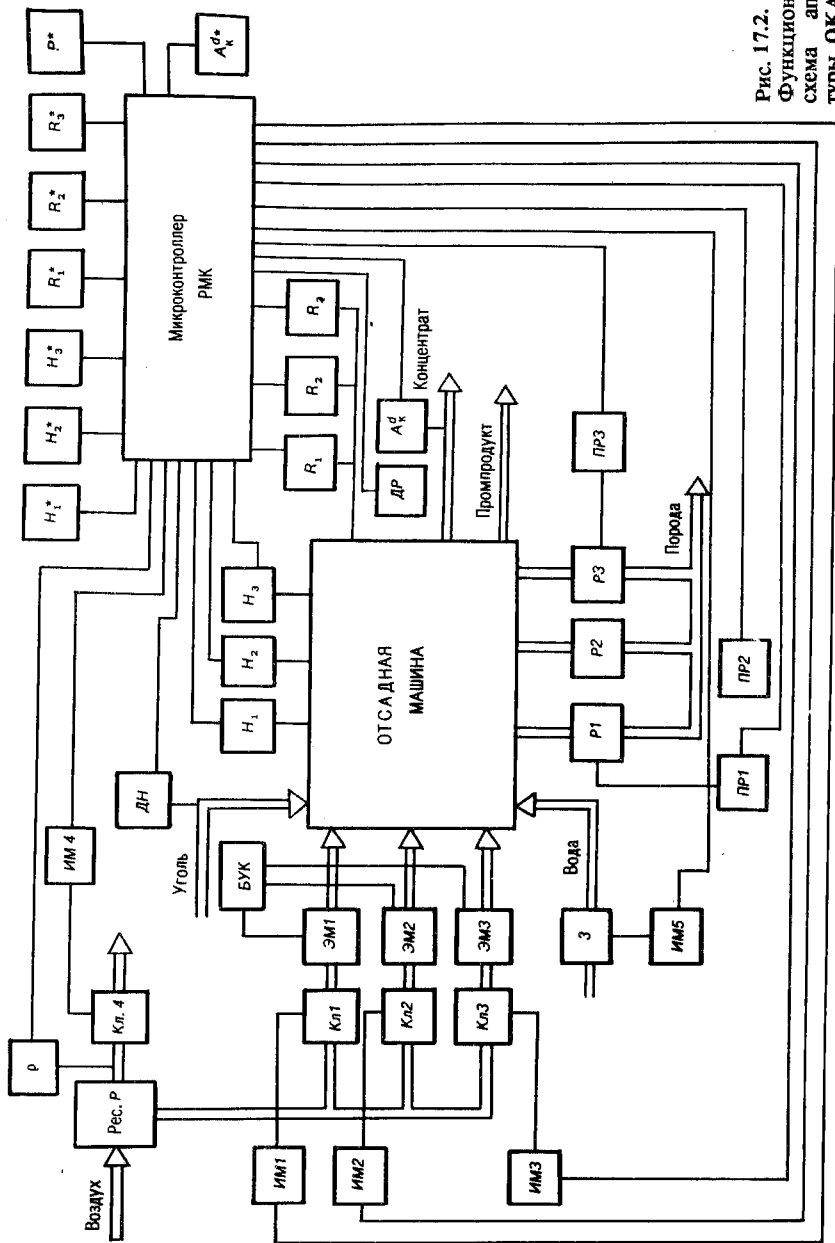


Рис. 17.2.  
Функциональная  
схема аппара-  
туры ОКА-2

Технологическая схема применения аппаратуры ОКА2 приведена на рис. 17.2. Аппаратура работает следующим образом.

Регулирование высоты отсадочной постели. Высота постели измеряется датчиками  $H_1$ ,  $H_2$  и  $H_3$  соответственно в каждом отделении машины. Сигналы с этих датчиков поступают в регулирующий микроконтроллер РМК, где сравниваются с сигналами задатчиков  $H_1^*$ ,  $H_2^*$  и  $H_3^*$ . В случае отклонения текущего и заданного значений высоты постели регуляторы РМК вырабатывают управляющие сигналы, воздействующие через приводы  $ПР_1$ ,  $ПР_2$  и  $ПР_3$  на электродвигатели разгрузчиков  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ . В аппаратуре предусмотрен датчик наличия нагрузки ДН по исходному уголю, подающий сигнал прекращения работы разгрузчиков во избежание скачивания постели.

Разрыхленность постели измеряется как максимальная скорость восходящего потока посредством датчиков  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ . В РМК сигналы датчиков сравниваются с сигналами задатчиков разрыхленности  $R_1^*$ ,  $R_2^*$ ,  $R_3^*$ , и в случае их неравенства регуляторы РМК посредством исполнительных механизмов ИМ1, ИМ2 и ИМ3 изменяют положение клапанов  $Кл1$ ,  $Кл2$  и  $Кл3$ , подающих воздух из ресивера Р, что приводит к изменению скорости восходящего потока. В составе аппаратуры применен автономный блок БУК управления параметрами колебательного цикла (длительность впуска-выпуска и пауз), обеспечивающий необходимую диаграмму работы машины путем включения и отключения электромагнитных клапанов ЭМ1, ЭМ2 и ЭМ3.

При необходимости обеспечивается автоматическая стабилизация давления сжатого воздуха в ресивере Р. Давление измеряется датчиком  $p$ , сигнал датчика сравнивается в РМК с заданием  $p^*$  и в случае  $p > p^*$  посредством исполнительного механизма ИМ4 открывается клапан  $Кл4$ , и выпускается лишний воздух в атмосферу.

В случае работы аппаратуры в режиме стабилизации или оптимизации используется сигнал датчика зольности  $A_k^d$ . При отклонении зольности концентрата от задания  $A_k^{d*}$  РМК вырабатывает сигнал, приводящий к ступенчатому изменению задания высоты отсадочной постели, после чего контур стабилизации высоты постели обрабатывает возникшее рассогласование. Частота следования корректирующих импульсов определяется временем чистого запаздывания сигнала о зольности и временем переходных процессов в отсадочной машине. Датчик ДР обеспечивает контроль условий работоспособности датчика зольности. Регулирование расхода воды осуществляется при помощи заслонки, управляемой исполнительным механизмом ИМ5.

### 17.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ В МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЯХ

Определяющим параметром, в наибольшей степени влияющим на результаты разделения угля в тяжелосредних сепараторах и гидроциклонах, является плотность суспензии. Однако стабилизация плотности суспензии не может гарантировать получение необходимой зольности концентрата, так как изменения фракционного состава исходного питания приводят к изменению зольности концентрата при постоянной плотности суспензии. Поэтому необходима стабилизация заданной зольности концентрата, для чего требуется переменная плотность суспензии. Величина заданной плотности суспензии устанавливается автоматически по разности фактической и заданной зольностей концентрата.

Автоматизация этого процесса осуществляется посредством аппаратуры типа КАТУ.1. Технологическая схема автоматизированного процесса обогащения в сепараторе при помощи этой аппаратуры приведена на рис. 17.3.

Аппаратура КАТУ.1 предназначена для автоматизации процессов обогащения в сепараторах и гидроциклонах. Она выполняет следующие функции: автоматическую стабилизацию заданного значения зольности концентрата; автоматическое регулирование плотности суспензии, уровней в сборниках рабочей и некондиционной суспензии; автоматический контроль давления в сборниках суспензии, положения исполнительных механизмов; регистрацию зольности концентрата и производительности по концентрату; дистанционное управление суспензионными насосами по заданной программе, механизмами поточно-транспортной системы (ПТС), механизмами регулирующих органов, световую сигнализацию режима работы (стабилизация зольности концентрата, аварийного уровня в электромагнитном сепараторе и в регулировочном баке плотности суспензии), отклонения плотности суспензии от задания, аварийных значений уровней суспензии в сборниках, режима работы и номера суспензионного насоса; предупредительную сигнализацию о дистанционном запуске суспензионных насосов, звуковую и световую сигнализацию о срыве программы пуска суспензионных насосов и др.

#### Основные технические данные КАТУ.1

Напряжение питания, В . . . . .	220 (+10%) (-15%)
Потребляемая мощность, кВА, не более . . . . .	1,7
Диапазон регулирования зольности, % . . . . .	4-20
Среднее квадратическое отклонение зольности при ее регулировании, % . . . . .	1
Среднеквадратическое отклонение плотности суспензии при ее стабилизации, кг/м <sup>3</sup> , не более . . . . .	2,6
Погрешность поддержания уровней в сборниках суспензии, м . . . . .	±0,3

Диапазон контроля плотности суспензии, кг/м <sup>3</sup> . . . . .	1000-2300
Срок службы, лет, не менее . . . . .	6
Степень защиты пультов от внешних воздействий . . . . .	IP 53

Аппаратура состоит из пультов регулирования плотности суспензии, ПТС, оптимизации и управления суспензионными насосами, устройств контроля плотности суспензии (плотномера), кускоотделителя, отборников давления, дифманометров, исполнительных механизмов.

В аппаратуре КАТУ.1 предусмотрено три режима работы: автоматическая стабилизация заданной плотности суспензии, автоматическая стабилизация заданной зольности концентрата и автоматическая оптимизация режима разделения. В зависимости от конкретных условий можно использовать соответствующие составные части аппаратуры в качестве автономных изделий а именно аппаратуру регулирования плотности суспензии, управления суспензионными насосами и управления ПТС. Аппаратура оптимизации может использоваться только в комплекте с аппаратурой регулирования плотности суспензии.

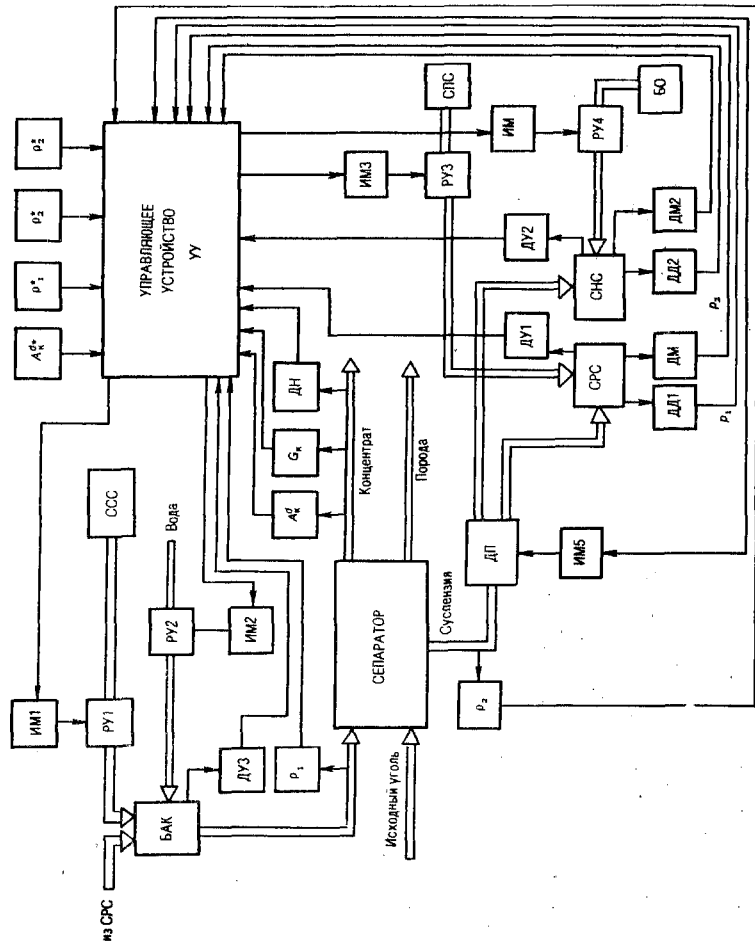
Аппаратура КАТУ.1 работает следующим образом. В режиме стабилизации плотности суспензии при помощи плотномера  $\rho_1$  измеряется плотность суспензии, поступающей из дополнительного бака в сепаратор и сравнивается в управляющем устройстве УУ с сигналом задатчика плотности  $\rho_1^*$ . Если  $\rho_1 > \rho_1^*$  то в УУ формируется сигнал, включающий исполнительный механизм ИМ2, открывающий кран РУ2, в результате чего в бак поступает вода до тех пор, пока плотность суспензии не станет равной заданной ( $\rho_1 = \rho_1^*$ ). В случае  $\rho_1 < \rho_1^*$  УУ формирует сигнал, включающий исполнительный механизм ИМ1, который открывает регулирующий орган РУ1, в результате чего из сборника сгущенной суспензии ССС в бак поступает сгущенная суспензия. Поток сгущенной суспензии прекращается при достижении равенства  $\rho_1 = \rho_1^*$ .

Однако такое регулирование не гарантирует поддержание соответствующей плотности в ванне сепаратора, так как вместе с углем поступает переменное количество воды. Для компенсации этого возмущения на выходе сепаратора установлен второй плотномер  $\rho_2$ , сигнал которого сравнивается с сигналом первого плотномера  $\rho_1$ . В случае их отличия УУ формирует корректирующий сигнал на изменение плотности рабочей суспензии, которая регулируется положением делителя потока ДП суспензии, направляющий часть ее потока на регенерацию (исполнительный механизм ИМ5).

Чем больше плотность суспензии, тем меньше ее направляется на регенерацию и наоборот. В аппаратуре предусмотрено дистанционное управление делителем потока.

В режиме стабилизации зольности концентрата сравниваются сигналы золомера  $A_k^d$ , установленного после обезвоживания на

Рис. 17.3. Функциональная схема аппарата КАТУ-1



ленточном конвейере, с сигналом задатчика  $A_k^{d*}$ . При  $A_k^d = A_k^{d*}$  в УУ формируется сигнал коррекции задания плотности суспензии с таким расчетом, чтобы фактическая зольность концентрата была равной заданной (при снижении зольности плотность увеличивается и наоборот).

Для предотвращения выдачи ложного сигнала о текущем значении зольности концентрата установлен датчик наличия минимальной толщины измеряемого слоя концентрата ДН, отключающий систему управления зольностью при нарушениях условий измерения зольности. Для создания необходимых условий измерения используется формирователь потока.

При автоматической оптимизации сигналы от золомера  $A_k^d$  и весов  $G_k$  поступают в управляющее устройство, в котором определяется знак отклонения режима от оптимального. Сигнал коррекции изменяет задание плотности разделения аналогично тому, как это осуществляется в режиме стабилизации зольности. Коррекция задания плотности разделения осуществляется импульсами, следующими через интервал времени, равный времени чистого запаздывания от точки измерения плотности суспензии в ванне сепаратора до точки контроля зольности концентрата плюс время переходного процесса по этому каналу.

Автоматическое регулирование уровней в сборниках суспензии осуществляется при помощи датчиков давления ДД1 и ДД2, опущенных в сборники. Сигналы этих датчиков  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  преобразуются в электрические при помощи дифманометров ДМ1, ДМ2 и поступают в управляющее устройство УУ, где сравниваются с заданиями  $\rho_1^*$ ,  $\rho_2^*$ .

С контактных устройств вторичных приборов через промежуточные реле сигналы подаются на входы бесконтактных пускателей, управляющих исполнительными механизмами ИМ3 и ИМ4. Последние включают устройства регулирования уровней РУ3 и РУ4. В сборнике некондиционной суспензии СНС уровень регулируется подачей воды из бака оборотной воды БОВ, в сборнике рабочей суспензии СРС - подачей суспензии заданной плотности из системы приготовления суспензии СПС.

Верхние уровни суспензии в баках СРС и СНС измеряются датчиками ДУ1-ДУ2.

При запуске суспензионных насосов осуществляется звуковая и световая сигнализация о режиме и номере работающего насоса, заливке насоса рабочей и некондиционной суспензией, подаче воды в нагнетающие трубопроводы насосов рабочей и некондиционной суспензии. В случае, если насосы не развивают заданной подачи, включается аварийная световая и звуковая сигнализация, насосы отключаются. Для контроля подачи суспензионных насосов установлены датчики уровней в ваннах электромагнитного и обогатительного сепараторов.

В аппаратуре управления механизмами ПТС предусмотрены

местный и дистанционный пуск механизмов с необходимой сигнализацией.

#### 17.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ

Автоматизация процесса флотации осуществляется с помощью аппаратуры КАУФ.1. Она основана на базе микропроцессорной техники и осуществляет управление процессом флотации по зольности концентрата и отходов.

Функциональная схема аппаратуры КАУФ.1 приведена на рис. 17.4. Она выполняет следующие основные функции: автоматическую стабилизацию заданной зольности концентрата; автоматическое ограничение минимально допустимой зольности отходов флотации; автоматическое регулирование подачи реагента-собирателя пропорционально нагрузке по твердому на процесс и подачи реагента-пенообразователя пропорционально объемной нагрузке; автоматическую стабилизацию уровня пульпы в ваннах флотомашин; автоматическую коррекцию удельного расхода реагентов (собирателя и пенообразователя) при недопустимых снижениях зольности отходов; автоматическое ограничение плотности исходной пульпы при недопустимом ее увеличении свыше заданного максимума; автоматическое регулирование расхода исходной пульпы; дистанционное управление подачей реагентов, объемным расходом пульпы, содержанием твердого продукта в исходной пульпе и уровнем в ванне флотомашин; автоматический непрерывный контроль объемного расхода исходной пульпы, фильтрата, технической воды, плотности подготавливаемой пульпы, оборотной воды и отходов флотации, нагрузки по твердому продукту на входе процесса, зольности исходного продукта, концентрата и отходов, положения исполнительных механизмов и др.

##### Техническая характеристика

Номинальное напряжение питания, В. . . . .	220
Предельное отклонение напряжения питания от номинального значения, % . . . . .	От -15 до +10
Потребляемая мощность (типового комплекта), ВА, не более . . . . .	2500
Диапазоны регулирования расхода реагента, л/ч:	
собирателя . . . . .	0-1000
пенообразователя . . . . .	0-100
Пределы контролируемых параметров:	
объемного расхода пульпы, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	От 100 до 3200
плотности пульпы, кг/м <sup>3</sup> . . . . .	От 1000 до 1600

Аппаратура КАУФ.1 контролирует следующие параметры: расход исходной пульпы, фильтрата и технической воды датчиками:  $Q_n$ ,  $Q_f$ ,  $Q_b$ ;

плотность исходной пульпы и отходов флотации плотномерами:  $\rho_n$ ,  $\rho_o$ ;

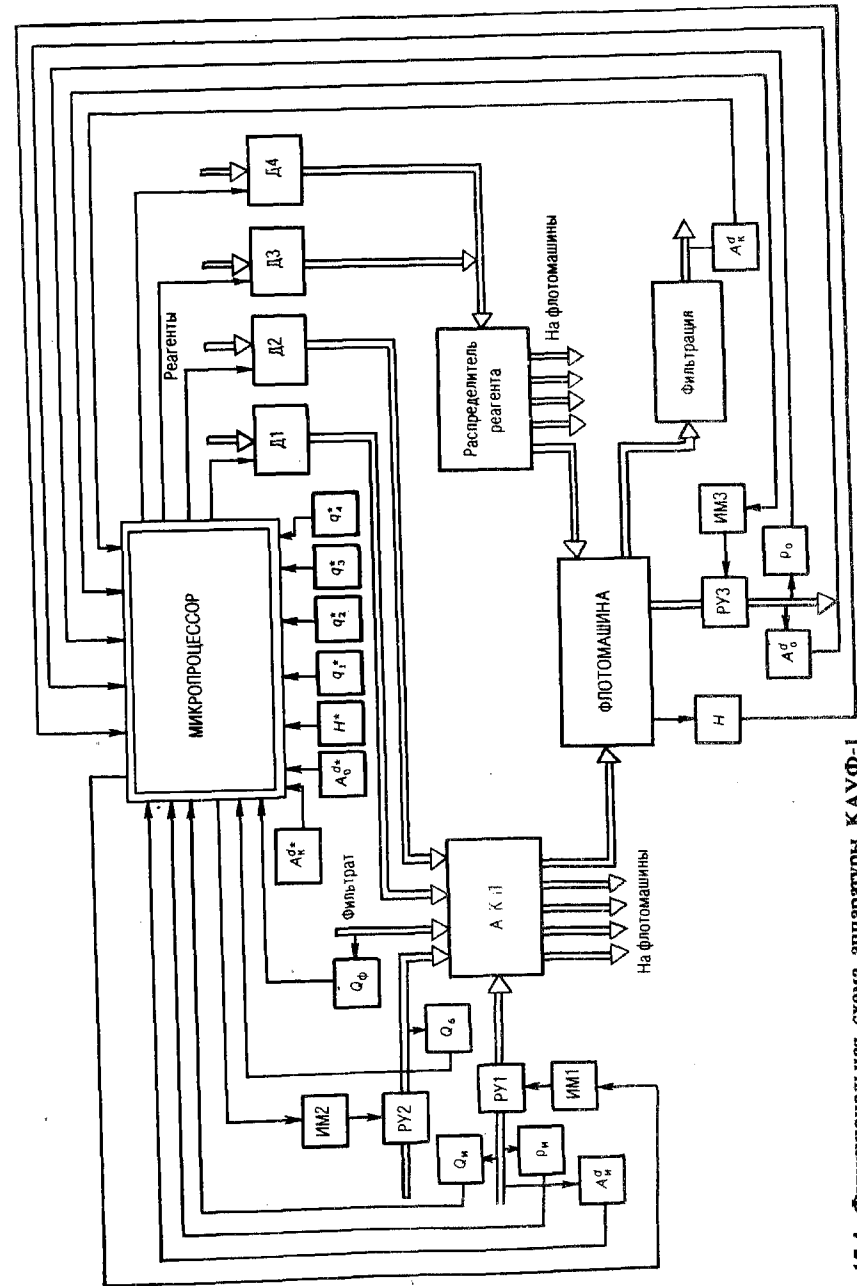


Рис. 17.4. Функциональная схема аппаратуры КАУФ.1

зольность исходного продукта, отходов флотации и флотоконцентрата устройствами контроля зольности  $A_{и}^d$ ,  $A_{о}^d$ ,  $A_{к}^d$ ;

уровень пульпы в ваннах флотомашин датчиками  $H$ .

Значения контролируемых параметров поступают в микропроцессор аппаратуры, где происходит обработка информации по заданной программе и формирование соответствующих управляющих воздействий.

Реагент поступает на дозаторы из баков стабилизации уровня реагента. Основные дозаторы реагентов Д1, Д2, осуществляющие дозирование в начале процесса, производят подачу реагентов пропорционально объемной нагрузке, нагрузке по твердому продукту на флотоотделение с коррекцией по разности прогнозируемой и заданной зольности флотоконцентрата.

Дробные дозаторы реагентов Д3, Д4, осуществляющие дозирование по камерам флотомашин, производят подачу реагентов пропорционально объемной и массовой (по твердому продукту) производительности на флотоотделение с коррекцией по зольности отходов флотации.

Эмульгирование реагентов, а также распределение их по точкам технологического процесса в заданном соотношении производятся распределителем реагентов. Регулирующие органы флотомашин управляют при помощи блоков исполнительных механизмов ИМ1, ИМ2 и ИМ3.

Расход исходной пульпы, поступающей на флотацию, изменяется регулирующей заслонкой РУ1, приводимой в действие исполнительным механизмом ИМ1. Регулирование плотности пульпы, поступающей на флотацию, производится путем добавления технической воды в исходную пульпу при помощи регулирующей заслонки РУ2 и блока исполнительного механизма ИМ2, регулирование плотности отходов - соответственно заслонкой РУ3 и исполнительным механизмом ИМ3.

Кроме того, в аппаратуре КАУФ.1 усовершенствованы основные технические средства: дозаторы реагентов, плотномер и расходомер.

Регулирование расходов реагентов осуществляется изменением частоты и длительности электрических импульсов, подаваемых на катушку электромагнита, управляя открытием и закрытием калиброванного отверстия посредством клапана. Формирование импульсов осуществляется микроконтроллером М553.02 ГСП МикроДАТ.

Для обеспечения стабильного расхода в системе подачи реагентов использованы баки стабилизации уровня. Плотномер модернизирован и отличается от аналогичных по принципу действия наличием специальной шарнирно закрепленной подвижной вилки и расположением патрубка входного потока с противоположной стороны измерительной камеры. При такой конструкции плотномер посторонние предметы задерживаются вилкой и падают вниз с последующим удалением через сливное отверстие, а в измерительную камеру попадает только пульпа.

В корпус плотномера встроен датчик зольности исходного питания. Такой же датчик применен и для контроля зольности отходов флотации.

Вместо расходомера в комплексе КАУФ.1 применен более дешевый, простой и надежный расходомер на основе сужающего устройства. Корпус расходомера изготавливается из низколегированной стали и представляет собой патрубок, внутренняя поверхность которого футеруется карбидом кремния. В центре патрубка имеется окно, через которое вставляется измерительный элемент, выполненный также из карбида кремния и обеспечивающий перепад давления, измеряемый отборниками, конструктивно совмещенными в одном корпусе. В зависимости от диапазона измеряемых расходов измерительный элемент имеет соответствующее проходное сечение. Выполнение измерительного элемента в виде кассеты позволяет оперативно заменять его в процессе эксплуатации в случае износа. Расходомер используется в комплексе КАУФ.1 для контроля расходов исходной пульпы, технической воды, фильтрата. В качестве датчика зольности флотоконцентрата в комплексе КАУФ.1 применено радиоизотопное устройство зольности в потоке типа УЗПИ.

В аппаратуре предусмотрена также стабилизация уровня пульпы в ванне флотомашин. В качестве датчика уровня использована пьезометрическая трубка, свободный конец которой опущен в ванну, а второй соединен с отборником давления. Стабилизация уровня осуществляется путем регулирования положения шибера флотомашин при помощи электрического исполнительного механизма, управляемого микропроцессорным контроллером.

Аппаратура работает следующим образом. По сигналам датчиков ( $Q_{и}$ ,  $\rho_{и}$ ) определяются содержание твердого и расход реагентов, подаваемых в процесс. Одновременно по сигналам золомеров ( $A_{и}^d$  и  $A_{о}^d$ ), плотномер ( $\rho_{о}$ ) определяется ожидаемое значение  $A_{ко}^d$  зольности концентрата (на рис. не показано), которое сравнивается с заданным  $A_{к}^{d*}$ . При  $A_{к}^d \neq A_{к}^{d*}$  соответственно изменяется расход реагентов до тех пор, пока эти значения не сравниваются. Кроме того, постоянно ведется сравнение фактической зольности концентрата  $A_{к}^d$  с заданной  $A_{к}^{d*}$  и при  $A_{к}^d \neq A_{к}^{d*}$  корректируются параметры модели предсказания таким образом, пока  $A_{к}^d = A_{к}^{d*}$ , т.е. осуществляется обучение системы управления (адаптация) при изменениях характеристик обогащаемого шлама и оборудования.

В случае снижения зольности отходов  $A_{о}^d$  ниже заданного значения  $A_{о}^{d*}$  автоматически в камеры флотомашин увеличивается подача реагента, вследствие чего всплывают более крупные

частицы угля, и зольность отходов флотации возрастает до тех пор, пока  $A_0^d \geq A_0^{d*}$ .

Удельные расходы реагентов задаются задатчиками  $q_1^* - q_4^*$ , уровень -  $H^*$ , зольность -  $A_k^{d*}, A_0^{d*}$ .

### 7.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ

Процесс сушки угольного концентрата на углеобогатительных фабриках является завершающей технологической операцией по доведению влажности общего концентрата до нормы.

Требования по снижению в выбрасываемых в атмосферу дымовых газах содержание оксидов азота; серы; пыли, опасности взрыва обуславливают актуальность оптимизации режима работы этого процесса. Одним из направлений повышения эффективности и безопасности ведения процесса сушки, снижения отрицательного воздействия на экологическую обстановку является автоматизация сушильных установок.

Для автоматического управления сушильными установками со слоевыми и факельно-слоевыми топками применяется аппаратура типа КАСУ.1.

Аппаратура КАСУ.1 выполняет следующие основные функции: автоматическую стабилизацию заданной влажности высушенного угля без его пересушки ( $W_2(t) = W_2^* \geq W_{2min}^*$  где  $W_2(t)$  - текущая влажность высушенного угля;  $W_2^*$  - заданная влажность;  $W_{2min}^*$  - минимально допустимая влажность); автоматическое регулирование температуры в топке (в режиме стабилизации  $T(t) = T^*$  при  $W_2(t) \geq W_{2min}^*$ ,  $p(t) \geq p^*$  или  $T(t) = F\{T^*W_2(t), W_{2min}^*\}$  при ограничениях на влажность высушенного угля или разрежения в топке, где  $T(t)$ ,  $T^*$  - текущая и заданная температура в топке,  $p(t)$ ,  $p^*$  - текущее и заданное разрежение в топке;  $F\{\cdot\}$  - нелинейная функция); автоматическое регулирование степени разрежения в топке ( $p(t) \geq p^*$ ); автоматическое регулирование подачи топлива в соответствии с производительностью сушилки и влажностью сырого угля; автоматическую идентификацию режима точки росы и корректировку температуры сушильного агента с целью предотвращения конденсации испаренной влаги и пересушки угля; автоматическую подачу защитного пара при аварийных ситуациях; автоматический контроль и индикацию температуры в топке, перед и за сушилкой, перед дымососом, подшипников дымососа, воды, охлаждающей факелы топки, разрежения в топке перед и за сушилкой, перед дымососом, давления первичного и вторичного воздуха, за дымососом, защитного пара, воды, подаваемой в мокрый пылеуловитель, нагрузки на электродвигатели барабана, дымососа,

вентиляторов первичного и вторичного воздуха, питателя исходного угля, степени открытия направляющих аппаратов первичного, вторичного воздуха и дымососа; индикацию нагрузки исходного угля на сушильное отделение (при возможности), скорости движения питателя исходного угля, содержания кислорода в отходящих газах, крайних положениях клапана растопочной трубы и шиберов смесительной камеры, исполнительных механизмов подачи защитного пара, забивки течек разгрузочной камеры и циклона, целости цепей шлакового конвейера, герметичного скребкового питателя, питателя забрасывателя, верхнего и нижнего уровней в бункерах топлива и исходного угля, подачи исходного угля, выпадения росы в выгрузочной камере сушильной установки; автоматическую регистрацию температуры дымовых газов перед сушилкой и дымососом, содержания кислорода в отходящих дымовых газах, влажности высушенного угля, влажности исходного угля, давления защитного пара; автоматическую сигнализацию о превышении содержания кислорода выше допустимой нормы, при достижении температуры перед дымососом 115 °С, а подшипников дымососа 70 °С, крайних положений направляющих аппаратов вентиляторов первичного и вторичного воздуха, дымососа, клапана растопочной трубы и шиберов смесительной камеры, исполнительных механизмов подачи защитного пара, целости цепи шламового конвейера, скребкового герметичного питателя, верхнего и нижнего уровней в бункерах топлива и исходного угля, верхнего уровня воды в шламовом конвейере.

В аппаратуре предусмотрено дистанционное и местное управление механизмами топки и сушки, исполнительными механизмами подачи защитного пара. При необходимости осуществляется также дистанционное изменение скорости движения колосниковой решетки, скорости питателя исходного угля и питателя топлива при факельно-слоевой топке, степени открытия направляющих аппаратов вентиляторов первичного и вторичного воздуха, дымососа. Может быть реализована также связь с вышестоящим уровнем управления фабрикой путем выдачи заданий аппаратуре КАСУ.1 от управляющей вычислительной машины, а также выдача необходимой информации в ЭВМ.

Регулирующая часть аппаратуры КАСУ.1 представляет собой четыре взаимосвязанные системы управления подачей топлива, температурой сушильного агента, степенью разрежения в топке и влажности высушенного угля. Причем последняя система регулирования является верхним уровнем иерархии по отношению к остальным (рис. 17.5).

Автоматическое управление процессом сушки угля осуществляется следующим образом. Регулирование температуры сушильного агента (топочного устройства) ведется путем изменения расхода топлива в топку и количества первичного воздуха, необходимого для процесса горения. Расход топлива регулируется изменением скорости движения колосниковой решетки.

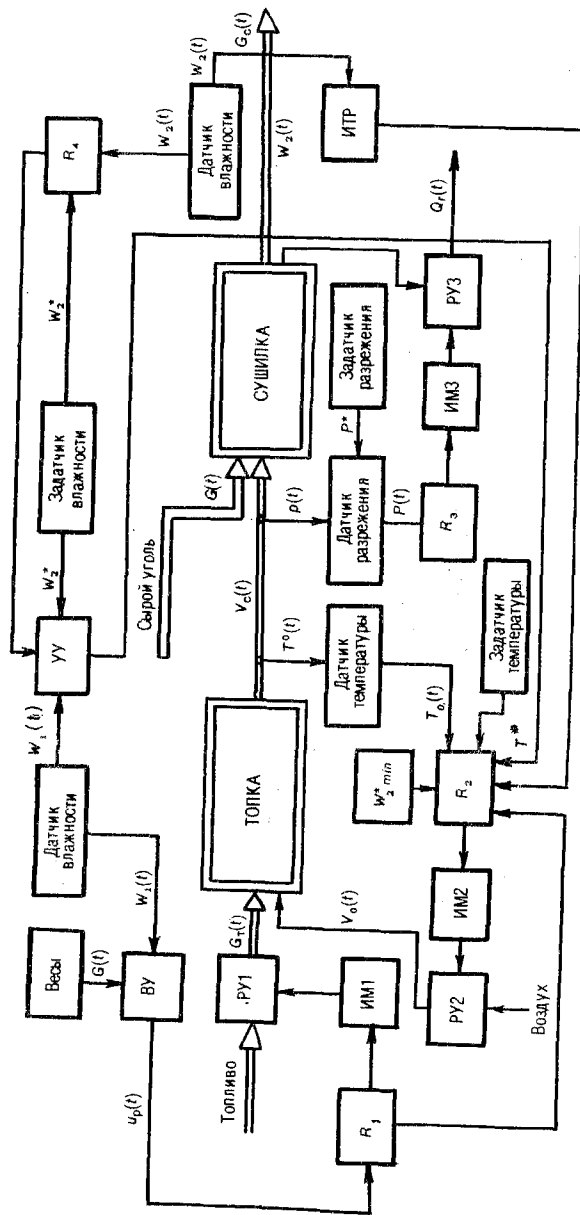


Рис. 17.5. Функциональная схема аппаратуры КАСУ-1

Значение скорости колосниковой решетки определяется по сигналам датчиков влажности исходного угля  $W_1(t)$ , весов (нагрузки по сырому углю)  $G(t)$  и заданному значению влажности высушенного угля (задатчик  $W_2^*$ ). Благодаря подаче определенного количества первичного воздуха в топку устанавливается температура, близкая к заданной; температура в топке корректируется подсистемой управления, включающей датчик температуры, регулятор  $P_2$  и исполнительный механизм  $ИМ_2$ .

В случае невозможности установки весов предусмотрена работа системы с использованием среднего значения нагрузки, принятой постоянной. Вносимая при этом погрешность компенсируется контуром по влажности высушенного угля.

При снижении разрежения в топке ниже заданного значения подается сигнал на дополнительное открытие направляющего аппарата дымососа. В этом случае система управления переходит в режим ограничения по степени разрежения в топке, и стабилизация температуры сушильного агента нарушается (не соблюдается также  $W_2(t) = W_2^*$ ).

Стабилизация влажности высушенного угля осуществляется следующим образом. Сигнал с датчика влажности исходного угля подается в управляющее устройство  $УУ$ , которое на основе информации о параметрах объекта и сигнала задатчика влажности вырабатывает сигнал коррекции температуры сушильного агента, реализуемый при помощи регулятора  $R_2$ . Одновременно сравниваются текущая влажность высушенного угля и заданная и по результатам сравнения ведется "обучение" (адаптация) параметров управляющего устройства до тех пор, пока прогнозируемое значение влажности  $W_2(t)$  не совпадет с истинным  $W_2(t)$ .

В случае достижения режима точки росы в блоке идентификации образуется управляющий сигнал, корректирующий работу регулятора  $R_2$  таким образом, что температура сушильного агента возрастает, предотвращая конденсацию влаги в разгрузочной камере.

Функционально аппаратура содержит две подсистемы: управления процессом горения в слоевой топке и управления собственно процессом сушки. В соответствии с этим и разработана ее конструкция, включающая щит-пульт управления топкой и щит-пульт управления сушилкой.

Функциональная часть аппаратуры автоматического регулирования режимами горения и сушки реализована на регулирующем микроконтроллере типа Ремиконт-100, а дискретное и логическое управление - на микроконтроллере  $КП-1$ .

Скорость колосниковой решетки регулируется тиристорным электроприводом постоянного тока, а расход первичного воздуха - изменением положения направляющего аппарата вентилятора  $ВД-12$  первичного воздуха по разности текущей и за-

Пределы компенсации мешающих факторов золомеров РКТП-4 и РКТП-5

Прибор	Компенсированные вариации мешающего фактора			
	Содержание железа в угле, %	Общее вла-госодержание, %	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Расстояние "датчик-уголь", мм
РКТП-4	± 2	± 5	± 0,2	Стабилизируется конструктивно при установке прибора под лентой конвейера ± 3 ÷ 5
РКТП-5	-	± 3	± 0,1	± 12

данной температур в топке. Расход сушильного агента регулируется изменением положения направляющего аппарата дымососа. Избыточное давление в топке устраняется дополнительным открытием направляющего аппарата дымососа.

Регулирование влажности высушенного угля осуществляется путем коррекции температуры сушильного агента разностью сигналов датчика текущей влажности и заданной.

Щиты-панели управления топкой и сушилкой, шкаф регистрирующих приборов установлены перед фронтом топки, устройства управления направляющими аппаратами установлены на отметках размещения вентилятора первичного воздуха и дымососа, датчик влажности высушенного угля размещен в скребковом затворе, другие технологические датчики - непосредственно в местах отбора информации. Микроконтроллеры, шкаф согласующих устройств, шкаф тиристорного электропривода размещены в специально построенном для этих целей помещении.

#### 17.6. ДАТЧИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Для построения систем автоматического управления технологическими процессами обогатительных фабрик используются средства автоматического отбора информации о количестве и качестве рядовых углей и продуктов обогащения, расходах и плотности пульпы и суспензий, уровне жидких и сыпучих продуктов в технологических емкостях, положении подвижных объектов и их отдельных компонентов и др.

Датчиками расхода и плотности являются традиционные средства, основанные на использовании перепада давления в сужающих устройствах, разности гидростатических давлений контролируемой жидкости и чистой воды. Производительность контролируется при помощи тензометрических весов ВКУ, устанавливаемых на конвейерах.

Автоматический контроль уровней в технологических емкостях осуществляется только дискретно: нижний и верхний уровни. В качестве датчика нижнего уровня используется радионейтронное реле, а верхнего - реле уровня РКУ-Н.

Положение подвижных объектов больших габаритов (вагоны, автосамосвалы и др.) осуществляется при помощи датчика положения ДКП. Несмотря на известные недостатки этих средств, они нашли широкое применение на фабриках отрасли. Поэтому основное внимание уделяется разработке средств контроля зольности и влажности, без которых невозможно управление отдельными технологическими процессами и фабрикой в целом.

При разработке средств контроля качества предусматривается их установка непосредственно в технологических потоках. Это позволяет исключить из общей функциональной схемы измерений дополнительные дорогостоящие операции отбора и подготовки проб, которые снижают представительность контроля

и вызывают значительное запаздывание выдачи окончательных результатов измерений.

Контроль зольности. Первыми промышленными золомерами для потоков угля были приборы РКТП-1 и РКТП-2, в настоящее время широко применяются золомеры РКТП-4 и РКТП-5. Главной отличительной особенностью данных приборов является их метрологическое обеспечение и взрывобезопасное исполнение. Золомеры РКТП-4 и РКТП-5 применяют для технологического и коммерческого контроля. Они позволяют осуществлять компенсацию ряда мешающих факторов, которые влияют на результаты измерений (табл. 17.1).

Золомер РКТП-4 устанавливается под несущей ветвью конвейера, а РКТП-5 над поверхностью угля. Для приборов контроля зольности разработаны различные типы формирователей потока, позволяющие устанавливать золомеры практически в любой точке технологического процесса.

Из средств для технологического контроля зольности находят применение устройства УЗПИ, ГЗУ, использующие принцип обратного рассеяния гамма-квантов, и УЗОФ - оптический индикатор зольности отходов флотации.

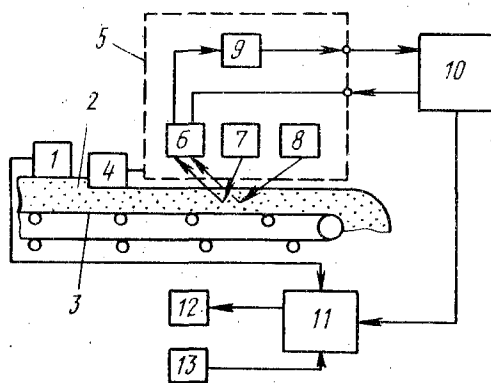
Вместо прибора УЗОФ создается прибор УКЗ, имеющий более высокую точность измерения (1-2% относительных).

Устройство контроля зольности угля в потоке УЗПИ предназначено для автоматического непрерывного контроля зольности продуктов обогащения и рядовых углей в технологическом потоке в условиях умеренного и холодного климата на ленточных конвейерах обогатительных фабрик. Они устанавливаются в закрытых отапливаемых и вентилируемых производственных помещениях.

Данное устройство имеет пыле-влагозащищенное исполнение. Принцип действия его основан на регистрации обратнорассеянного контролируемым продуктом потока гамма-излучения. Устройство УЗПИ используется для контроля зольности угля



Рис. 17.6. Функциональная схема УЗПИ



крупностью до 100 мм при содержании класса 50-100 мм не более 15%. Толщина слоя угля в зоне контроля должна быть не менее 100 мм при крупности до 25 мм и не менее 150 мм при крупности до 100 мм. Ширина слоя должна быть не менее 250 мм. Изменения влажности угля и содержания оксидов железа в зоне не должна превышать 7% (абс.).

Функциональная схема устройства УЗПИ приведена на рис. 17.6.

Устройство УЗПИ выполняет следующие функции: формирование аналогового токового сигнала, пропорционального зольности угля, для системы управления технологическим процессом углеобогащения; формирование аналогового токового сигнала, пропорционального зольности угля, для регистрации вторичным прибором; прерывание процесса контроля зольности угля при уменьшении толщины слоя угля на ленте конвейера ниже допустимого значения; прерывание процесса контроля при достижении верхнего граничного значения зольности анализируемого продукта; прерывание процесса контроля при достижении нижнего граничного значения зольности анализируемого продукта; световую индикацию о включении в сеть блока предварительного преобразования сигнала; световую индикацию верхнего граничного значения контролируемой зольности угля; световую индикацию нижнего граничного значения контролируемой зольности угля; контроль исправности линии связи между блоком предварительного преобразования сигнала и блоком преобразования сигнала; индикацию значений зольности контролируемого продукта; формирование сигнала о наличии достаточной для нормальной работы изделия толщины слоя угля на ленте конвейера.

Устройство (см. рис. 17.6) состоит из трех блоков: детектора 5, предварительного преобразования сигнала 10, преобразования сигнала 11, индикации 12 и управления 13.

Блок детектора 5 выполнен на основе сцинтилляционного детектора и осуществляет преобразование рассеянного контролируемым продуктом 2 потока гамма-квантов и регистрируемого

сцинтилляционного детектора в последовательность статистически распределенных по амплитуде и во времени электрических импульсов. Средняя частота выходных импульсов блока детектора 5 обратно пропорциональна содержанию золообразующих элементов в контролируемом продукте 2. Наличие угля на конвейере контролируется датчиком 1.

Блок детектора 5 содержит два источника гамма-излучения: основной 8 и дополнительный 7, каждый из которых выполнен на основе радионуклида америций - 241.

Конструкция блока детектора позволяет выбирать параметры рациональной геометрии, которая обеспечивает инвариантность выходного сигнала блока детектора 5 при изменении расстояния между поверхностью контролируемого продукта и нижней частью детектора в пределах  $\pm 15$  мм, что благоприятно сказывается на точности контроля.

Внутренняя полость блока детектора полностью изолирована от внешней среды за счет установки снизу поддона, выполненного из прозрачного для гамма-излучения материала.

Формирователь потока выполнен в виде съемного узла, закрепленного на корпусе блока детектора.

Крепление блока детектора 5 над лентой конвейера 3 осуществляется с помощью специального узла привязки к технологическому потоку угля.

Блок предварительного преобразования сигнала 10 обеспечивает грубое согласование устройства с контролируемым сырьем.

Рассматриваемый блок компенсирует дестабилизирующие факторы, вызванные изменением температуры окружающей среды и старением электронных узлов схемы блока детектора 5 и блока предварительного преобразования сигнала 10. Кроме того, блок предварительного преобразования сигнала 10 нормирует выходные импульсы на амплитуде и обеспечивает сигнализацию режима работы автоматической системы стабилизации передаточного коэффициента измерительного тракта сцинтилляционного детектора, которая осуществляется за счет соответствующего изменения высоковольтного напряжения питания измерительного преобразователя 6.

Блок преобразования сигнала 11 выполнен на базе прецизионных аналоговых микросхем и обеспечивает формирование двух токовых унифицированных сигналов (0-5 мА).

С помощью узла индикации 12 осуществляется визуальный контроль зольности анализируемого продукта 2. Все органы управления и градуировки выведены на передние панели субблоков. Устройство снабжено электронными узлами проверки его работоспособности и сигнализации режима работы. Предусмотрена автоматическая регистрация зольности с помощью самопишущего прибора.

При уменьшении толщины слоя угля на ленте конвейера ниже допустимого значения контроль автоматически прерывается, а

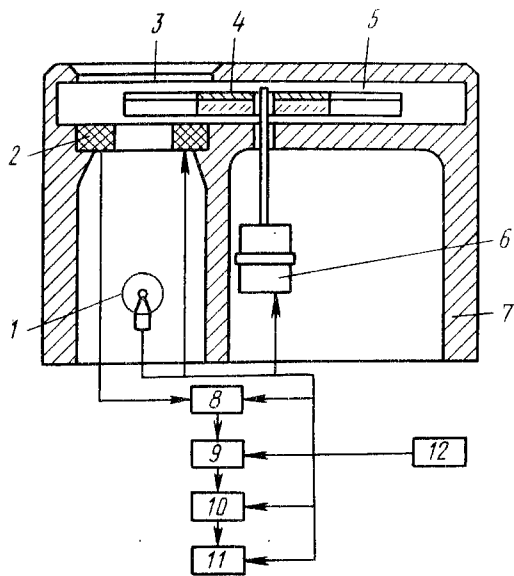


Рис. 17.7. Функциональная схема УЗОФ

на выходе устройства фиксируется в течение 10 мин сигнал, предшествующий моменту отклонения процесса измерения при снижении толщины контролируемого слоя ниже допустимого. Осуществляется также непрерывная индикация величины зольности угля и толщины его слоя на конвейере. Для удобства обслуживания устройства предусмотрен автоматический контроль его исправности. Управление и настройка осуществляются при помощи устройства управления 13.

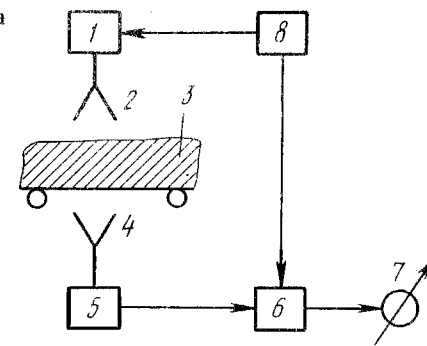
Устройство имеет три диапазона контроля зольности: 1-3 - 10%, 2-10 - 20% и 3-30 - 40% при основной погрешности контроля соответственно до 1% (абс.), до 10% (отн.) и до 3% (абс.).

Дополнительная абсолютная погрешность при изменении содержания оксида железа составляет 0,8% на 1% изменения и 0,2%.

Устройство УЗПИ используется в качестве датчика зольности в АСУ ТП отсадки, флотации и тяжелосредной сепарации, а также в АСОДУ для управления погрузкой концентрата в железнодорожные вагоны и др.

Устройство контроля зольности отходов флотации. Для непрерывного контроля зольности отходов и зольности питания флотации используется устройство типа УЗОФ, имеющее диапазон контроля 50-90% с относительной погрешностью до 10% (рис. 17.7). Прибор состоит из оптического устройства и электронного блока. Оптическое устройство устанавливается в потоке отходов флотации с использованием специальной кюветы на от-

Рис. 17.8. Блок-схема влагомера ВУС-1М



ветвлении части потока и последующим его объединением с общим потоком в кармане флотационной машины или в корпусе плотномера, расположенного в трубопроводе.

Оптическое устройство состоит из источника света 1, фотоприемника 2, разграничительного стекла 3, obtюратора 4, имеющего эталонное поле 5, микроэлектродвигателя 6 и корпуса 7. Электронный блок содержит преобразователь 8, усилитель 9, выпрямитель 10, миллиамперметр 11 и источник питания 12.

Устройство тарируется в условиях фабрики на основании данных химического анализа отобранных проб.

**Контроль влажности.** Важной составной частью комплекса аппаратурных средств контроля являются средства непрерывного автоматического определения влажности угля. Методической основой таких датчиков является значительное различие диэлектрической проницаемости, с одной стороны, воды, а с другой, - угля и породы.

В последнее время наибольшее распространение получили микроволновые методы определения влажности. Указанный принцип положен в основу работы влагомеров ВУС-1М (рис. 17.8) и АБУ-1.

Влагомер ВУС-1М содержит генератор сверхвысокой частоты 1, передающую 2 и приемную 4 антенны, детектор СВЧ, блок обработки сигнала 6, индикатор 7 и блок питания 8. Передающая антенна устанавливается над лентой конвейера с углем 3, приемная - под лентой. Прибор может быть применен для непрерывного контроля влагосодержания потоков угля крупностью до 100 мм. Диапазоны контролируемых влажностей при соответствующей крупности и толщине слоя угля указаны в табл. 17.2.

Контролируемые диапазоны влажности и толщины слоя взаимосвязаны, увеличение толщины слоя вызывает уменьшение контролируемого диапазона влажности и наоборот. Абсолютная погрешность определения для доверительной вероятности 0,95 составляет  $0,5 \div 1,0\%$ .

Исследования и опыт промышленной эксплуатации микровол-

Контролируемый диапазон влажности в зависимости от крупности угля

Крупность угля, мм	Толщина слоя, мм	Контролируемый диапазон влажности, %
От 0 до 13	От 50 до 60	10-30
От 0 до 25(50)	100	3-20
От 0 до 50(100)	120	3-15
От 0 до 100	150	3-10

новых влагомеров ВУС-1М показывают, что они в меньшей степени, чем влагомеры других типов, подвержены влиянию таких мешающих факторов, как изменение зольности, минерализации воды, гранулометрического состава угля. Например, изменение зольности угля на  $\pm 1\%$  адекватно изменению влажности на  $\pm 0,05\%$ . Вместе с тем изменение толщины контролируемого слоя угля влияет на ослабление электромагнитного излучения наравне с влажностью. Для исключения влияния этого фактора в настоящее время применяют стабилизацию высоты слоя. Время цикла интегрирования сигнала при контроле потоков угля должно выбираться таким образом, чтобы при используемой системе формирования контролируемого потока двойное среднее квадратическое отклонение от математического ожидания высоты слоя не превышало  $\pm 5$  мм. Для этого должно соблюдаться определенное соотношение крупных и мелких классов в данном потоке. Например, при контроле угля крупностью 0-100 мм класса 50-100 мм в нем должно быть не более 15%.

В состав аппаратуры КАУФ.1 используется датчик влажности УКВП.1.

Устройство контроля влажности угля в потоке УКВП.1 (рис. 17.9) предназначено для непрерывного автоматического контроля влажности угля на дисковых вакуум-фильтрах и ленточных конвейерах.

В этом приборе используется резонаторный метод измерения влажности. Измерительный резонатор 1 имеет окно для взаимодействия с контролируемым материалом. Изменения диэлектрической

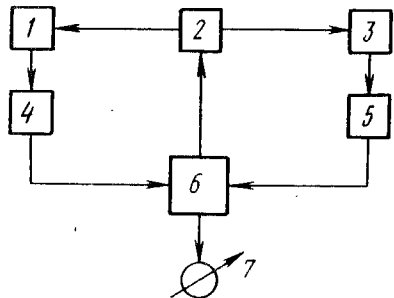


Рис. 17.9. Блок-схема датчика влажности УКВП-1

рической проницаемости материала в зоне контроля при изменении его влажности вызывают изменения частоты резонанса измерительного резонатора, подключенного к генератору СВ42. Разность частот опорного 3 и измерительного резонаторов преобразуется в электронном блоке 6 в электрический сигнал, который усиливается усилителями 4 и 5. Полученный сигнал пропорционален влажности контролируемого материала, значения влажности показывает индикатор 7.

Первичный преобразователь установлен на формирователь типа "лыжи", который в процессе измерения свободно скользит по поверхности потока влажного материала.

Диапазон контролируемой влажности 15-30%, максимальная крупность угля 3 мм, основная абсолютная погрешность контроля влажности при доверительной вероятности 0,95 составляет 1,5%.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое автоматизация и ее значение.
2. Что называется автоматизированной системой управления (АСУ).
3. Какие имеются виды АСУ?
4. Принцип построения ИАСУ.
5. Назовите подсистемы ИАСУ.
6. Расскажите о задачах автоматизации технологических процессов на обогатительных фабриках.
7. Назовите параметры регулирования одного из технологических процессов (отсадка, обогащение в минеральных суспензиях, флотация, сушка).
8. Объясните принцип устройства приборов для определения зольности.
9. Расскажите о принципе действия и конструкциях автоматических влагомеров.

## Г л а в а 18

### КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЯДОВЫХ УГЛЕЙ И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

#### 18.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Контроль технологического процесса осуществляется с целью обеспечения заданных режимов при обогащении угля, исключении брака и соблюдении норм по качеству товарной продукции.

Технологический контроль заключается в *опробовании* рядового угля и продуктов обогащения для оценки эффективности технологических процессов.

*Опробованием* продукта называется совокупность операций по отбору и разделке проб для изучения его состава и свойств.

*Пробой* называется часть опробуемого продукта, используемая для исследования его состава и свойств. Проба должна

быть представительной, т.е. должна достоверно отражать состав и свойства всего продукта, от которого она отобрана.

*Представительность пробы* обеспечивается тщательным усреднением ее состава, что достигается смешиванием порций, отобранных из различных участков контролируемой массы или из непрерывного потока через определенные промежутки времени. Точность опробования повышается с увеличением числа порций, составляющих пробу.

*Необходимая масса пробы* зависит от гранулометрического состава угля, точности выполняемого анализа, неравномерности распределения контролируемого признака (крупности, плотности, зольности, влажности и т.д.).

Масса пробы должна быть тем больше, чем крупнее входящие в ее состав зерна. Например, для ситового анализа минимальная масса (кг) пробы определяется по эмпирической формуле

$$M = d_{\max} (0,04d_{\max} + 1),$$

где  $d_{\max}$  - максимальный размер зерна в пробе, мм.

Первоначальную пробу обычно сокращают до массы или объема, которые удобны для выполнения необходимых анализов или определений. Например, для выполнения фракционного анализа берут пробу массой 3 или 5 кг. При сокращении пробы ее представительность не должна нарушаться. Поэтому процесс сокращения требует тщательного перемешивания пробы и деления ее на части, не отличающиеся по составу и свойствам от исходной пробы.

Для выполнения ряда анализов, например, определения зольности, влажности, требуются очень малые количества угля. Для определения содержания золы в угле берется навеска только в 1 г. Для получения таких порций уголь предварительно измельчается, чтобы при сокращении пробы ее состав был максимально равномерным.

Представительная часть первичной пробы, измельченная до 0-3 мм и предназначенная для лабораторного испытания, называется *лабораторной пробой*.

Представительная часть лабораторной пробы, измельченная до 0-0,2 мм, называется *аналитической пробой*.

Таким образом, процесс отбора и обработки проб, как правило, включает операции отбора, смешения, деления, сокращения, измельчения проб и выполнения необходимых анализов.

Пробы, отбираемые на углеобогатительных фабриках, по назначению делятся на *технологические* (используемые для определения эффективности технологических процессов), *количественные* (необходимые для определения производительности оборудования) и *товарные* (для определения качества отгружаемых продуктов).

## 18.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ

Отбираемая проба должна быть представительной, для этого необходимо обеспечить явную вероятность попадания в нее любой части опробуемого материала. Пробы углей и продуктов обогащения на углеобогатительных фабриках в основном отбирают из устройств, транспортирующих материал.

*Основные правила отбора проб из потока:* пересечение пробоотборным приспособлением всего потока материала; обеспечение одинаковой вероятности отбора в пробу любого куска или частицы опробуемого материала; отбор в пробу числа точечных проб, определенных в зависимости от неоднородности материала; обеспечение отбора точечной пробы не ниже установленной минимальной массы; равномерной по времени отбор точечных проб.

*Основные правила отбора проб из транспортных сосудов:* одинаковая вероятность попадания в пробу всех частей опробуемого материала, находящегося в неподвижном состоянии; отобранная общая масса точечных проб должна быть не менее установленной для данной крупности; выбор мест отбора точечных проб, исключающих погрешности из-за сегрегации; обеспечение отбора в объединенную пробу числа точечных проб в зависимости от требуемой точности опробования.

*Основные правила обработки проб:* обработке должна подвергаться вся объединенная проба; потери пробы в процессе обработки не допускаются; методы и схемы обработки объединенных проб должны обеспечивать получение готовой пробы с заданной точностью; масса промежуточной или готовой пробы, получаемой в результате сокращения, должна быть не менее массы, установленной для данной крупности.

Нормы отбора товарных, контрольных и других видов проб регламентируются ГОСТ 10742 "Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и обработки проб для лабораторных испытаний".

*Отбор проб из потока* (при погрузке, разгрузке вагонов, судов, автомашин) производится механизированным способом с применением пробоотборников и приспособлений, удовлетворяющих следующим требованиям: ширина раскрытия отбирающего устройства пробоотборника должна превышать размер максимальных кусков отбираемого топлива не менее чем в 2,5 раза при отборе проб на перепадах, не менее чем в 2 раза при отборе проб с конвейерных лент, во всех случаях ширина раскрытия должна быть не менее 50 мм; вместимость ковшовых отбирающих устройств должна быть такой, чтобы исключалось их переполнение; отбирающее устройство должно полностью освобождаться от материала пробы после окончания отбора; отбирающие устройства должны за один или несколько пересечений отобрать в объединенную пробу точечные пробы по всему поперечному сечению.

Отбор проб из потока вручную допускается при скорости ленты конвейера не более 1 м/с. Точечные пробы объединенной пробы отбираются через равные интервалы времени. Интервал времени  $t$  (мин) отбора точечных проб определяется по формуле

$$t = 60M / (Qn),$$

где  $M$  - масса опробуемой партии, т;  $Q$  - производительность по опробуемому потоку, т/ч;  $n$  - число точечных проб.

Отбор проб с поверхности остановленного конвейера производится главным образом для проверки всех способов отбора проб.

Точечные пробы отбирают с помощью приспособления (рамы), погруженного в массу топлива до транспортирующей поверхности, перпендикулярно направлению движения потока.

Отбор проб из ж.-д. вагонов, вагонеток, автомашин производят в тех случаях, когда невозможно отобрать пробы из потока. Точечные пробы отбирают из определенных точек, равномерно расположенных на поверхности вагонов, вагонеток, автомашин.

Для отбора проб могут применяться грейферные и буровые пробоотборники, а также промышленные грейферные установки. Буровой пробоотборник для отбора проб из погруженного в транспортные сосуды топлива должен отобрать точечные пробы на глубину на 3/4 высоты погруженного топлива, а грейферный - не менее 0,4 м от поверхности погруженного слоя.

Допускается отбор точечных проб вручную по специальной схеме отбора проб из ж.-д. вагонов, вагонеток и грузовых автомобилей. Отбор точечных проб вручную производится со дна лунок, выкопанных на глубину не менее 0,4 м от поверхности погружаемого топлива, а для брикетов не менее 0,2 м. Топливо берут без выбора, включая в точечную пробу уголь, сrostки, породу. От топлива крупностью более 100 мм топливо отбирают в один прием, а от топлива крупностью более 100 мм допускается набрать и точечные пробы в два-три приема, обеспечив при этом требуемую массу точечной пробы.

Пробоотборники ковшевые ПК предназначены для отбора объединенных проб рядовых углей, антрацитов, горючих сланцев и продуктов обогащения. Устанавливают пробоотборники на перепадах потоков топлива с конвейера на конвейер, в бункер, ж.-д. вагон и другие транспортные средства. Пробоотборник ПК представляет собой цепной конвейер, состоящий из рамы, привода, ведущих и ведомых звездочек и бесконечных цепей с закрепленным на них рабочим органом - ковшом для отбора точечных проб. В работу пробоотборник включается через установленные промежутки времени с помощью реле времени, а отключается - концевым выключателем. Пробоотборник заблокирован с конвейером, транспортирующим топливо, и работает в автоматическом режиме. Ковш пробоотборника в нерабочем состоянии находится вне потока. При включении электродвигателя цепи с

закрепленным на них ковшом совершают движение по замкнутому контуру. Проходя под потоком по верхней ветви цепей, ковш отбирает точечную пробу и, переходя на нижнюю ветвь, разгружает ее в сборник для пробы. Совершив один полный оборот, ковш останавливается в исходном положении.

Пробоотборники ПК изготавливают для установки в горизонтальном и наклонном положениях.

Технические характеристики ковшовых пробоотборников

Типоразмер . . . . .	ПК1-8	ПК1-10	ПК1-12,5	ПК2-8	ПК2-10	ПК2-12,5
Производительность опробуемых потоков, т/ч:						
горизонтальных . . . . .	525	1030	1350	525	1030	1350
наклонных . . . . .	400	730	1000	400	730	1000
Максимальная крупность опробуемого угля, мм . . . . .	150	150	150	300	300	300
Максимальная влажность опробуемого угля, % . . . . .	18	18	18	18	18	18
Установленная мощность электродвигателя, кВт . . . . .	10,4	10,4	10,4	12	12	12
Угол установки пробоотборника, градус . . . . .		0; 15; 30; 45				
Габариты, мм:						
длина . . . . .	3400; 5250	4000; 6500	4600; 5250	3720; 6350	4950; 6800	6350; 3750
ширина . . . . .	3300	3500	3750	3300	3500	3750
высота . . . . .	650	650	650	1200	1200	1200
Масса, кг . . . . .	2900	2950	3000	3600	3650	3700

Пробоотборники скреперные ПС (рис. 18.1) предназначены для отбора первичных проб бурых и каменных углей, антрацитов, горючих сланцев, продуктов их обогащения и рассортировки непосредственно с конвейерных лент. Пробоотборник состоит из рамы сварной конструкции 5, на которой смонтированы привод, состоящий из электродвигателя 11 с редуктором 10, приводной 8 и ведомый 6 валы с парами звездочек, концевой выключатель, натяжное устройство 4, желоб для пробы 2. Звездочки приводного и ведомого валов огибают две бесконечные цепи 7, на которых закреплен скреперный ковш 3. Пробоотборник закрепляется на раме конвейера с помощью четырех опор 9. Для уменьшения пыления и соблюдения безопасности верхняя зона движения ковша покрыта кожухом 1. Пробоотборник работает в автоматическом режиме.

Отбор точечных проб происходит, когда ковш движется по нижней ветви цепи. Пересекая движущийся на ленте конвейера поток, ковш сгребает точечную пробу в приемный желоб. При переходе ковша на верхнюю ветвь отключается электродвигатель, и ковш устанавливается в исходное положение. Управление пробоотборника электрически заблокировано с конвейером. Пробы отбираются автоматически через определенный интервал времени работы конвейера, устанавливаемый с помощью реле времени.

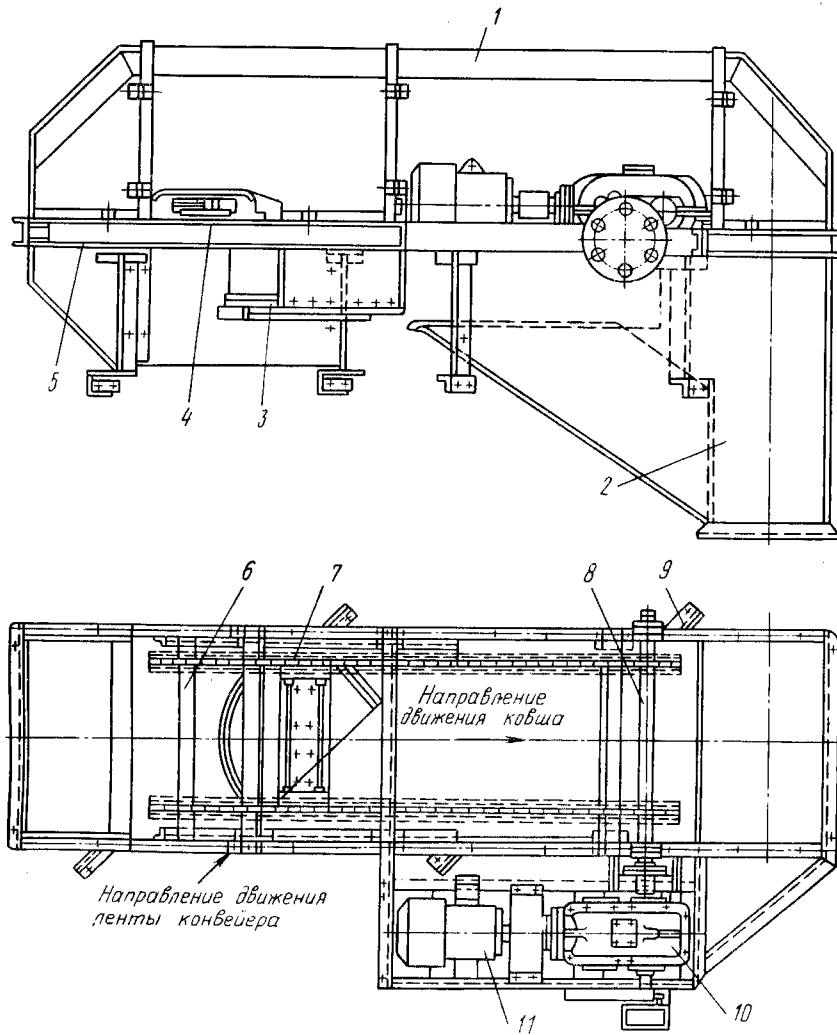


Рис. 18.1. Пробоотборник скреперный ПС

Ковш пробоотборника отбирает в пробу перпендикулярную полосу топлива, что обеспечивается установкой пробоотборника под углом  $45^\circ$  к оси конвейера и скоростью движения ковша, которая должна быть в 2 раза больше скорости движения ленты конвейера. Необходимость выполаживания участка ленты конвейера при применении пробоотборников ПС связана со снижением производительности конвейера на 15-25%, что является их существенным недостатком.

#### Технические характеристики скреперных пробоотборников

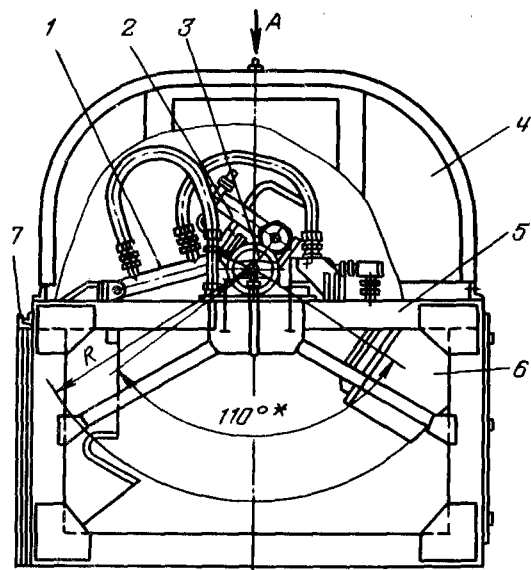
Типоразмер . . . . .	ПС-8	ПС-110	ПС-12	ПС-14	ПС-16	ПС-16
Производительность опробуемого потока, т/ч . . . . .	420	660	950	1290	1350	1350
Максимальная крупность опробуемого угля, мм . . . . .	300	300	300	300	150	150
Максимальная влажность опробуемого угля, % . . . . .	18	18	18	18	18	18
Ширина ленты конвейера, мм . . . . .	800	1000	1200	1400	1600	1600
Мощность электродвигателя, кВт . . . . .	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Габариты, мм:						
длина . . . . .	3755	3955	4380	4655	4400	5100
ширина . . . . .	1920	1920	1920	1920	1500	2000
высота . . . . .	2240	2240	2340	2340	2100	2400
Масса, кг . . . . .	1316	1356	1393	1418	1500	1600

Маятниковые пробоотборники ПМ предназначены для отбора объединенных проб углей, антрацитов, горючих сланцев, продуктов их обогащения и рассортировки непосредственно с конвейерных лент. Основное преимущество по сравнению со скреперными пробоотборниками - возможность применения без выполаживания ленты конвейеров. Пробоотборник можно устанавливать как на горизонтальных, так и наклонных участках конвейерной ленты. Крепят пробоотборник к раме конвейера.

Пробоотборник маятниковый ПМ с гидроприводом (рис. 18.2) представляет собой сварную конструкцию, состоящую из рамы 5, маятниковой штанги, приводов дугового 1 и вертикального 2 перемещения вала 3, отбирающего устройства и станции управления. Отбирающим устройством маятникового пробоотборника является скреперный ковш 6, нижние кромки которого футерованы прорезиненной лентой для обеспечения полного снятия проб с конвейерной ленты и предотвращения ее повреждения. Проба отводится по желобу 7, механизм защищен кожухом 4.

Принцип действия маятникового пробоотборника заключается в сгребании через определенные промежутки времени с ленты конвейера точечной пробы с помощью скреперного ковша. При рабочем ходе ковш находится в нижнем положении; с помощью привода дугового перемещения он сгребает полоску материала, двигаясь по траектории, соответствующей радиусу кривизны ленты конвейера. При обратном ходе приводом вертикального перемещения ковш поднимается вверх и над потоком материала возвращается в исходное положение. Пробоотборники ПМ1-20 и ПМ1-25 применяют для отбора проб угля крупностью до 150 мм с конвейерных лент шириной 2000 и 2500 мм.

Траектория движения ковша при отборе проб и возврате в исходное положение задается специальным кулачковым механизмом. В пробоотборнике ПМ1-25 скреперный ковш для отбора пробы и возврата в исходное положение совершает круговое движение, сообщаемое ему двумя гидравлическими двигателями.



Вид А

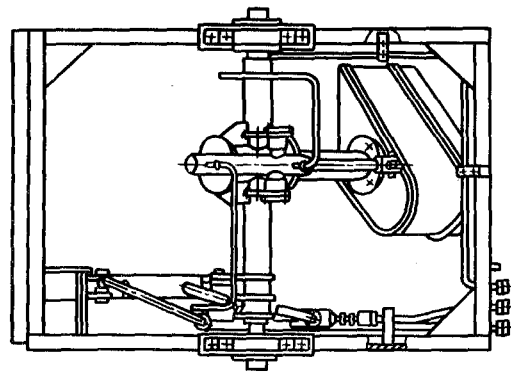


Рис. 18.2. Пробоотборник маятниковый ПМ

Установленная мощность, кВт	5	12,5	14	12,5	14	14	14
Габариты, мм:							
длина	1110	2800	3300	3000	3500	4200	5000
ширина	2160	1200	1500	1400	1500	1600	1800
высота	1630	2300	2600	2300	2600	3200	3200
Масса, кг	865	1340	2300	1440	2500	3200	3700

Пробоотборник с отсекающей планкой предназначен для отбора проб на перепадах потоков мелких рядовых углей, угольных концентратов и отсевов. Пробоотборник представляет собой сварную конструкцию, состоящую из рамы, вала отсекающей планки, автоматической муфты Болотова, цепной передачи, контролгруза, пружин с рычагами, амортизатора. Пробоотборник приводится в движение передачей от вала барабана конвейера. При работе конвейера с помощью цепной передачи приводится в движение вал муфты Болотова, в результате чего периодически срабатывает отсекающая планка, которая мгновенным движением высекает порцию пробы и выбрасывает ее в приемную емкость для пробы. Под действием пружин отсекающая планка возвращается в исходное положение.

Техническая характеристика пробоотборника с отсекающей планкой

Производительность опробуемого потока, т/ч	До 900
Максимальная крупность опробуемого угля, мм	100
Максимальная массовая доля влаги опробуемого угля, %	12
Число точечных проб, отбираемых за 1 ч	3-10
Масса точечной пробы, кг	4-6
Габариты, мм:	
длина	1200
ширина	2000
высота	1500
Масса, кг	850

Известны пробоотборники других типов, работающие по принципу пробоотборника с отсекающей планкой, например, пробоотборник ВТИ с боковым раскрытием ковша, лотковые с самооткрывающимся дном и др.

Пробоотборник баровый ПБ2 предназначен для отбора проб рядовых углей и антрацитов, продуктов их обогащения на перепадах потоков. Пробоотборник состоит из рамы, рабочего органа - бара, привода и станции управления. Принцип действия - бар с режущими зубьями совершает возвратно-поступательное движение поперек потока. Работает пробоотборник в автоматическом режиме. В процессе отбора материал пробы измельчается и поэтому не может быть использован для определения гранулометрического состава.

Пробоотборник для отбора пульповых проб ПШ предназначен для отбора проб из потока пульпы с крупностью зерен не более 6 мм. Пробоотборник состоит из литого корпуса, в котором на двух шарикоподшипниковых опорах установлено пустотелое отбирающее устройство, совершающее периодически возвратно-

Технические характеристики маятниковых пробоотборников

Типоразмер	ПМ1-ПМ1-ПМ1-ПМ2-ПМ2-ПМ1-ПМ1-						
	10	12	16	12	16	20	25
Производительность опробуемого потока, т/ч	660	1100	2000	1100	2000	2000	4800
Ширина ленты конвейера, мм	1000	1000; 1400;	1000; 1400;	2000	2500		
		1200	1600	1200	1600		
Максимальная крупность опробуемого угля, мм	150	150	150	300	300	150	150
Максимальная массовая доля влаги, %		Не ограничена					

поступательное движение в пределах  $90^\circ$ . При пересечении потока пульпы часть ее поступает через щель внутрь отбирающего устройства и по валу направляется в сборник пульпы. Пробоотборники выпускаются нескольких типоразмеров для отбора проб пульпы, транспортируемой по трубопроводам диаметром 150, 200, 250, 300, 350 мм.

### 18.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОБ

Машина МПЛ-150М предназначена для обработки объединенных проб крупностью до 150 мм с целью приготовления лабораторных проб.

Объединенная проба крупностью до 150 мм питателем подается в молотковую дробилку, где дробится до крупности 0-3 мм. Под молотковой дробилкой установлен двойной цепной ковшовый сократитель, ковши которого пересекают поток дробленой пробы при разгрузке ее из дробилки. Отобранные ковшами порции подаются в три сборника для лабораторных проб. Машина МПЛ-150М может устанавливаться в комплексе с любым пробоотборником в местах отбора проб или использоваться самостоятельно в пробоотборных помещениях для обработки различных проб топлива, отбираемых на предприятии.

Машина МПЛ-300 (рис. 18.3) предназначена для обработки объединенных проб топлива крупностью до 300 мм и пригото-

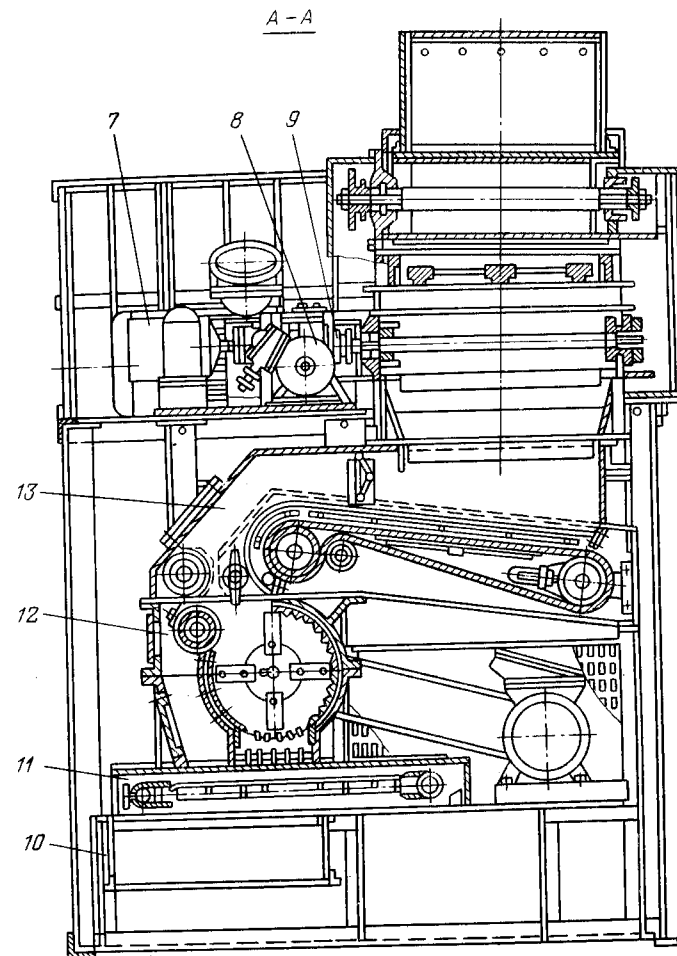
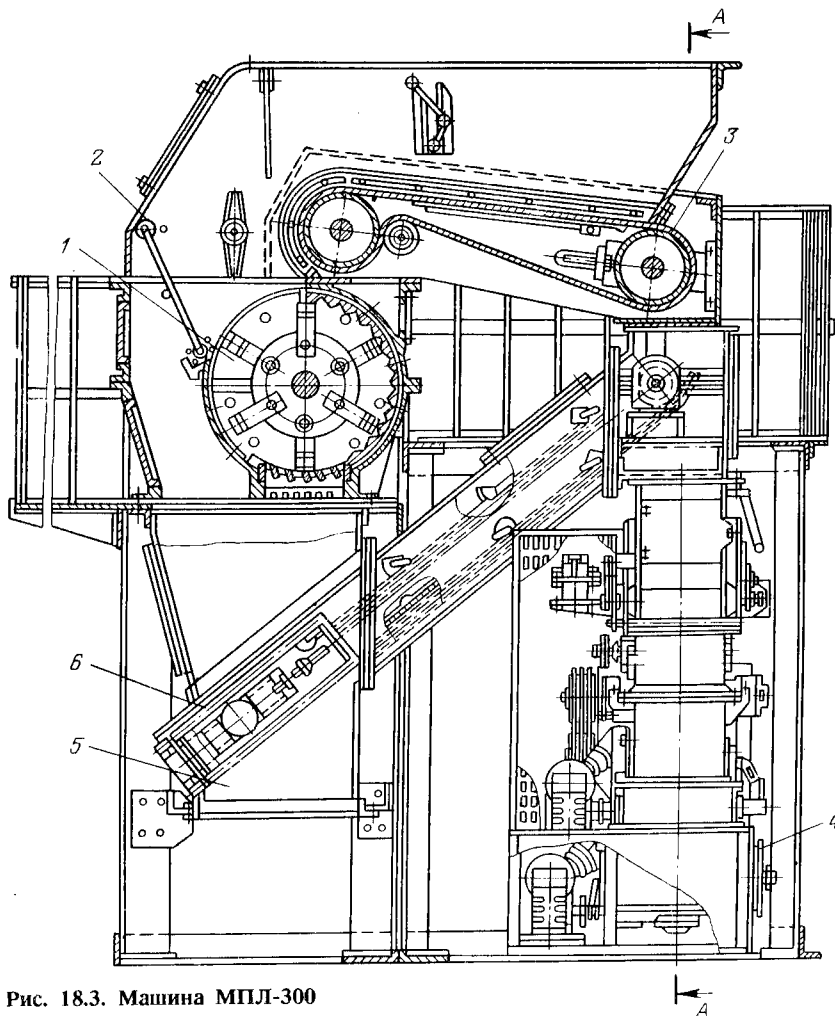


Рис. 18.3. Машина МПЛ-300



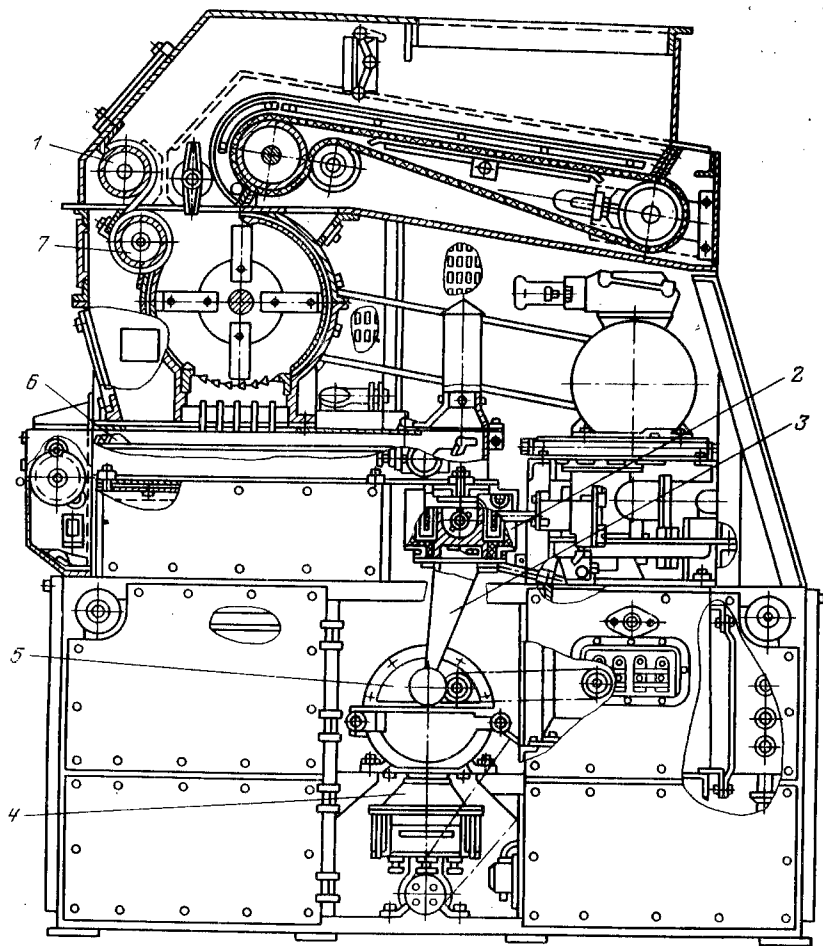
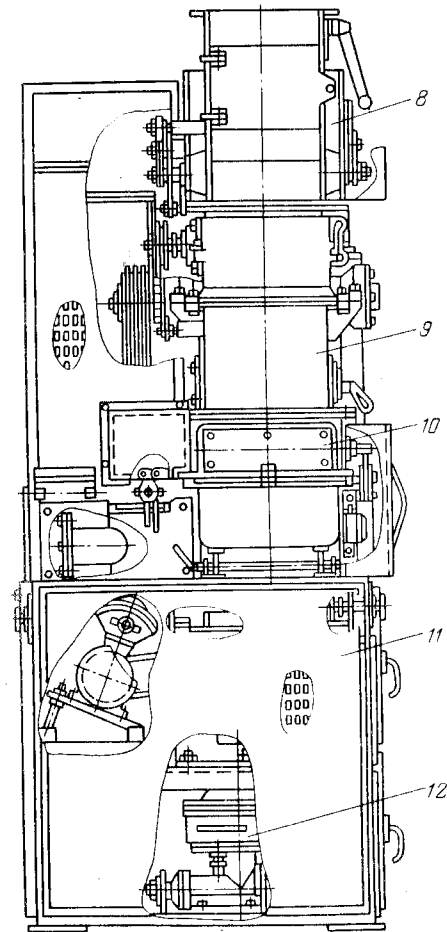


Рис. 18.4. Машина МПА-150



На первой стадии первичная проба крупностью до 300 мм ленточным питателем 3 подается в молотковую дробилку 2 и дробится до крупности 0-25 мм. Установленный под дробилкой многоковшовый сократитель 6 отбирает порции промежуточной дробленой пробы и подает их на питатель второй машины 13. Остатки пробы удаляются по течке 5. На второй стадии промежуточная проба дробится в молотковой дробилке до крупности 0-3 мм и поступает на горизонтальный цепной ковшовый сократитель 11, который делит лабораторную пробу на три части, остатки удаляются по течке 10.

Машина имеет взрывобезопасное исполнение.

Машина МПА-150 (рис. 18.4) предназначена для обработки первичных проб каменных углей, антрацита, горючих сланцев и

ления лабораторных проб. Машина используется в комплексных установках для опробования, состоящих из пробоотборника, устройства для подачи первичных проб в машину и удаления отходов проб. Обработка первичных проб производится в две стадии.

В первой ступени машины МПЛ-300 имеются ленточный питатель 3, дробилка 1 с загрузочной решеткой 2 и приводом 7, многоковшовый сократитель 6 с приводом 8 и муфтой 9. Вторая ступень машины - это аппарат МПЛ-150, включающий питатель 13, дробилку 12, сократитель 11 и желоб для отходов 10.

продуктов их обогащения крупностью до 150 мм с целью приготвления аналитической и лабораторной проб. Машина должна входить в комплекс установки для опробования, состоящий из пробоотборника и машин для приготовления лабораторной пробы.

Первичная проба крупностью до 150 мм ленточным питателем 8 подается в молотковую дробилку 9, где происходит ее дробление до крупности 0-3 мм. Под молотковой дробилкой установлен горизонтальный ковшовый сократитель 10, двойной ковш 6 которого пересекает поток дробленой пробы при движении как на верхнем, так и нижнем участках цепи сократителя. Расположение ковшей позволяет выделить две пробы крупностью 0-3 мм, одна из которых поступает в печь 2 для просушивания, а другая - в сборник 12 лабораторной пробы. Подсушенная проба из печи по течке 3 направляется в молотковую мельницу 5, где измельчается до крупности 0-0,2 мм и с помощью конусного делителя подвергается делению на три порции.

#### 18.4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЯДОВЫХ УГЛЕЙ И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Результаты обогащения во многом зависят от качества поступающих в переработку рядовых углей.

В большинстве случаев на обогатительных фабриках перерабатываются угли нескольких шахт, имеющих значительно различающиеся качественные характеристики. Часто опробование рядовых углей, поступающих с шахт, организовывается на опробовательном пункте, расположенном на углеобогатительной фабрике. Это наиболее прогрессивная форма контроля. Централизация опробования обеспечивает объективную оценку качества, сокращает потребность в оборудовании, устраняет двойной контроль качества на шахтах и фабрике, позволяет сократить численность персонала служб контроля качества у грузоотправителя. Оборудование опробовательных пунктов обычно монтируется по пути транспортирования угля.

В случае опробования угля шахтой-поставщиком каждая прибывающая партия подвергается наружному осмотру представителем фабрики. В том случае, если у контролера возникает сомнение в соответствии качества угля установленным нормам хотя бы по одному из показателей, служащим основанием для браковки, прибегают к отбору контрольной пробы.

Кроме наружного осмотра прибывающего на фабрику угля с этих шахт, периодически, один раз в месяц, отбирается проба от угля, поставляемого каждой шахтой.

Текущий производственный контроль работы оборудования и качества продуктов обогащения и обработки должен осуществляться машинистами и операторами, обслуживающими оборудование. При необходимости в некоторых случаях экспресс-анализом занимаются специально выделенные пробоотборщики ос-

новного производства. Поскольку цеховой персонал отвечает за качество готовой продукции, то и контроль ее производства осуществляется им. Это способствует повышению уровня качества концентрата и снижению потерь угля с отходами. Одновременно предпочтение должно отдаваться контролю путем прямого измерения с помощью автоматических приборов и устройств. При выборе точек контроля должна учитываться возможность привязки автоматических приборов и устройств с учетом свободного доступа к ним. Контролю должны подвергаться только те показатели качества, которые эффективно влияют на процесс.

Приемочный контроль готовой продукции предусматривает предварительный контроль качества концентрата перед отгрузкой. Наиболее часто используют два вида контроля: по данным определения показателей с помощью приборов; данным отбора, обработки и анализа почасовых (бункерных) проб. Очень эффективен отбор бункерных проб, позволяющий шихтовать концентрат при погрузке.

При отгрузке готовой продукции большими партиями (маршрутами) одному потребителю пробу отбирают из потока пробоотборником в соответствии с массой партии топлива и принятыми стандартами (техническими условиями) по опробованию. Аналогично при погрузке топлива маршрутом (партией) для нескольких потребителей качественные показатели определяют по партии в целом с записью этих данных в отгрузочных документах каждому потребителю.

В некоторых случаях прибегают к отгрузке рядового угля или продуктов обогащения на склады, где они могут находиться в течение длительного времени. Контроль качества выдаваемых на склад углей осуществляется путем отбора проб при их поступлении на склад с последующим определением качества в отобранных пробах. Отбор проб в этом случае сводится, как правило, к отбору проб из потока.

В последнее время ставится задача управления качеством, предупреждение брака. Это значит, что центр тяжести контроля качества продукции переносится из сферы приемно-сдаточного на текущий производственный контроль с целью выпуска кондиционной продукции.

#### 18.5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ

Основным документом, характеризующим работу отдельных смен углеобогатительной фабрики и работу фабрики за сутки, декаду, месяц, квартал и год, является *баланс продуктов обогащения*. В этом документе масса (объем) и качество рядового угля, переработанного за определенный период времени,

балансируется с массой (объемом) и качеством продуктов обогащения, полученных за этот период.

Различают два баланса продуктов обогащения: технологический и товарный.

*Технологический баланс* составляет по данным анализа технологических проб и весового учета переработанных рядовых углей и полученных продуктов обогащения.

Технологический баланс составляется ежедневно, является основой рапорта о работе смены и используется для:

оперативного контроля технологического процесса (проверки выхода концентрата и степени извлечения горючей массы);

оценки работы смены, отдельных технологических комплексов (углеприем, сушка, погрузка и др.) по качеству и количеству полученных продуктов;

сравнения результатов работы отдельных смен и составления суточного баланса.

*Сменный технологический баланс* является исходным документом для составления суточного, декадного, месячного и годового технологических балансов.

Для составления сменного технологического баланса необходимо иметь следующие данные:

масса переработанного за смену угля;

зольность и содержание влаги в среднесменной пробе рядового угля;

масса полученных за смену продуктов обогащения;

зольность и содержание влаги в среднесменных пробах продуктов обогащения.

Определить массу продуктов обогащения, полученных за смену, возможно, если известна масса продуктов обогащения в бункерах на начало и конец смены, масса продуктов обогащения, загруженных в течение смены в погрузочные бункера, масса породы, выданной за смену в отвал.

Масса продуктов обогащения, находящихся в бункерах, на начало и конец смены устанавливается путем снятия остатков в бункерах в начале и конце смены. Масса продуктов обогащения, перегруженных за смену в погрузочные бункера, и масса перегруженной за смену породы, определяется по показаниям конвейерных весов. При отсутствии конвейерных весов или их поломке для определения массы полученных за смену продуктов необходимо располагать данными о массе продуктов обогащения в погрузочных бункерах и породы в породном бункере на начало и конец смены, массе отгруженных за смену продуктов обогащения и массе вывезенной в отвал породы. При необходимости расчетным путем устанавливается масса выпущенных за смену флотационных хвостов. Для этого требуются данные по среднемесячной производительности флотационной установки и результаты среднесменных анализов на зольность в пробах питания и продуктов флотации. Чтобы массу полученных продуктов можно было сопоставить с массой рядового угля, их приводят к

массе данного продукта при влажности его, равной влажности рядового угля.

При составлении технологического баланса отмечаются небольшие расхождения между массой продуктов, полученных при обогащении, и массой переработанных углей, а также между средневзвешенной зольностью продуктов обогащения и зольностью рядового угля.

При значительных расхождениях причину следует искать: в неправильной организации опробования и разделки проб, ошибках при анализах; неточности определения остатков продуктов обогащения и угля; неточности взвешивания продуктов обогащения и рядового угля.

*Товарный баланс* составляется по данным анализа товарных проб и весового учета переработанных рядовых углей и полученных продуктов обогащения. Товарный баланс отличается большой точностью определения качественных и количественных показателей и позволяет учесть потери угля при обогащении.

Товарный баланс составляется ежемесячно. Месячный товарный баланс является основой для составления квартального и годового товарных балансов. Для составления товарного баланса необходимо иметь данные:

о массе (объеме) и качестве полученных фабрикой в течение месяца рядовых углей;

о массе и качестве полученных за месяц продуктов обогащения;

о массе рядового угля и продуктов обогащения, имевшихся в начале и конце месяца на складах и в бункерах.

Масса и качество полученных фабрикой рядовых углей и продуктов обогащения определяются по данным весового учета и удостоверений товарно-расчетных проб на принятый фабрикой рядовой уголь и отгруженные продукты обогащения. Масса рядового угля и продуктов обогащения, находящихся на складах и в бункерах в начале и конце месяца, устанавливается по данным маркшейдерских замеров.

Месячный товарный баланс на углеобогатительных фабриках составляется по принятой форме с использованием данных о массе продуктов, приведенных к влажности рядовых углей; средневзвешенном показателе качества продуктов; массе потерь (разность между массой рядового угля и массой полученных продуктов обогащения). При этом зольность потерь принимается равной зольности рядового угля.

При правильно организованном опробовании, точном определении массы, зольности и влажности рядовых углей и продуктов обогащения результативные качественно-количественные показатели должны балансироваться.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Устройства и техника отбора проб из потока и из транспортных средств.
2. Каковы задачи служб контроля качества на углеобогатительной фабрике?
3. Какие виды баланса продуктов обогащения составляются на углеобогатительной фабрике?

## Глава 19

### РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

#### 19.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Квалифицированное обслуживание и своевременный ремонт обогатительного оборудования гарантируют надежную его эксплуатацию. В межремонтные периоды оборудование состоит на техническом обслуживании и подвергается ремонтным осмотрам.

Персонал технологических смен обязан выполнять значительный объем работ по техническому обслуживанию, поэтому знание конструктивных особенностей, правил технической эксплуатации и сроков их выполнения - обязательное условие безаварийной работы оборудования.

Техническое обслуживание и ремонтные осмотры осуществляются ремонтным персоналом в установленные сроки независимо от технического состояния оборудования. Качественное выполнение ремонтов с наименьшей затратой времени и материалов требует тщательной организационной и технической подготовки.

Особенности ремонтных работ на углеобогатительных фабриках следующие: большой объем немеханизированного труда; ограниченная область использования средств механизации; разнообразный состав операций при незначительной их продолжительности; ограниченное время, отводимое на ремонтные работы (связано с остановкой всей фабрики, технологического комплекса); вероятностный характер ряда ремонтных работ (авария, внезапный отказ); стесненные условия, неудобство для проведения ремонта. Трудоемкость работ по ликвидации аварии, внезапных отказов, от возникновения которых не гарантирована ни одна фабрика, зависит от технического состояния эксплуатируемого оборудования.

Все ремонтные работы в углеобогащении, как правило, выполняются силами ремонтных бригад предприятия. Большой объем времени, отводимого на ремонт, затрачивается на подготовительно-заключительные операции (работы по очистке, разборе, сборке), которые обычно выполняются только после "проработки" машин, их отключения или переключения на местное управление.

Затраты на техническое обслуживание и профилактические ремонты оборудования фабрик учитывают в общих расходах по предприятию, т.е. относят на себестоимость продукции.

Рассредоточение ремонта машин и механизмов во времени в соответствии с графиком ремонта и рациональное распределение рабочих для выполнения работ повышают эффективность использования рабочего времени. Насоблюдение этих требований приводит к недоиспользованию материальных и трудовых ресурсов ремонтных служб фабрик и увеличению штатов ремонтников.

Повышение эффективности производства, увеличение производительности труда в значительной степени зависят от бесперебойной, надежной работы оборудования.

#### 19.2. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

Система технического обслуживания и ремонта представляет собой комплекс положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию углеобогатительной фабрики и ремонту оборудования на должном техническом уровне.

Характер технологического процесса обогащения углей обуславливает необходимость обеспечения требуемого уровня безотказности оборудования при правильной его эксплуатации.

Выбор системы ремонта оборудования фабрики зависит от вида эксплуатируемых машин (грохот, флотационная машина, конвейер и др.), а также экономических последствий от возникновения внезапных отказов.

Система технического обслуживания и ремонта оборудования углеобогатительных фабрик, согласно проведенным исследованиям, должна отвечать следующим требованиям:

выполнение фабрикой показателей как по переработке рядовых углей, так и качеству получаемых продуктов обогащения; получение максимальной прибыли за счет обеспечения постоянной технической готовности оборудования к эксплуатации; экономное расходование запасных частей и материалов; максимальное участие обслуживающего персонала в выполнении работ по межремонтному техническому обслуживанию.

Система технического обслуживания и ремонта оборудования фабрик, удовлетворяющая указанным требованиям, состоит из межремонтного технического обслуживания и ремонтов.

Системой предусматриваются два вида работ по межремонтному техническому обслуживанию: ОМ и ОР, а также три вида ремонтных работ: РО, Т и К.

ОМ - ежесменное техническое обслуживание, производимое обслуживающим персоналом;

ОР - техническое обслуживание, производимое ремонтным

персоналом через равные оптимальные (календарные) промежутки времени для конкретного оборудования;

РО - ежемесячные ремонтные осмотры, при выполнении которых определяется техническое состояние оборудования; при необходимости заменяются отдельные детали, срок службы которых меньше продолжительности межремонтных периодов, а также уточняются объемы и сроки проведения запланированных графиками текущих и капитальных ремонтов;

Т - текущие ремонты, производимые силами ремонтных бригад фабрик с участием эксплуатационного персонала, - это: замена изношенных деталей, группа стойкости которых определяет межремонтный период (при наличии в оборудовании узлов и деталей с несколькими группами стойкости объем и периодичность текущих ремонтов будут различными, поэтому в структуре ремонтного цикла предусматривается несколько текущих ремонтов -  $T_1$ ,  $T_2$  и т.д.). Текущими ремонтами предусматривается регулировка механизмов оборудования с целью обеспечения его нормальной эксплуатации до очередного планового ремонта;

К - капитальные ремонты, производимые силами ремонтных бригад фабрик или сторонними ремонтными организациями, осуществляются с целью восстановления ресурса изделий с заменой или восстановлением любых частей оборудования, включая базовые, и их регулировкой. При капитальных ремонтах производятся полная разборка, очистка и промывка оборудования, устраняются все дефекты, выявленные в процессе его эксплуатации или обнаруженные при проведении ремонтов. Эти ремонты осуществляются с целью восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса оборудования.

Для поддержания оборудования в работоспособном состоянии и восстановления его эксплуатационных характеристик производятся как внеплановые, так и плановые ремонты.

Детали, имеющие большой разброс ресурса использования или не вызывающие остановки оборудования, а также отказа других деталей, заменяются в неплановом порядке.

Особую актуальность в настоящее время приобретают вопросы, касающиеся оперативного контроля предельно допустимых износов деталей. Разработка методов и способов безразборного контроля и оценки технического состояния остаточного ресурса использования деталей является одним из этапов совершенствования системы технического обслуживания и ремонта углеобогащительного оборудования.

Таким образом, система технического обслуживания и ремонта оборудования углеобогащительных фабрик включает:

периодическое межремонтное техническое обслуживание - ОМ и ОР;

ремонтные: ежемесячные ремонтные осмотры - РО; плановые (текущие Т и капитальные - К) и внеплановые (ремонтные по потребности);

комплекс организационных, технических и социально-экономических мероприятий.

Выделение в межремонтном техническом обслуживании двух видов профилактических мероприятий (обслуживание ОМ и ОР) - обусловлено тем, что они должны выполняться рабочими различных производственных профессий: обслуживание ОМ машинистами машин и механизмов, машинистами установок обогащения и др., а ОР - электрослесарями по ремонту оборудования.

Основным видом ремонта на фабриках должен быть планово-предупредительный.

Техническое обслуживание ОМ и ОР, а также ремонтные осмотры РО являются основными элементами по уходу за оборудованием в межремонтный период. Значительный объем работ по техническому обслуживанию обязан выполнять обслуживающий персонал, а именно:

- содержать в чистоте машины и рабочее место;
- проверять состояние ограждений и других устройств, установленных в соответствии с правилами безопасности;
- производить смазку механизмов и замену сальников;
- контролировать на слух работу машин, следить за появлением посторонних шумов и стуков;
- следить за показаниями контрольно-измерительных приборов;
- участвовать в выполнении ремонтов;
- выполнять другие работы, регламентированные на фабриках инструкциями и положениями об обязанностях обслуживающего персонала на каждом рабочем месте.

В соответствии с установленным порядком на каждом рабочем месте вывешивается инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию, разработанная с учетом конкретных машин и механизмов, включенных в зону обслуживания, подлежащая обязательному выполнению обслуживающим персоналом.

Техническое обслуживание и ремонтные осмотры, осуществляемые ремонтным персоналом, проводятся в установленные сроки независимо от технического состояния оборудования.

Организационная и техническая подготовка ремонтов включает следующие работы:

- обеспечение чертежами и технической документацией, изготовление специальных инструментов и приспособлений;
- приобретение недостающих материалов, деталей, узлов, инструментов, приспособлений;
- выбора способа ремонта (поузловой, агрегатный и др.);
- проверка исправности или (при необходимости) установки грузоподъемных средств;
- подготовка машины и рабочего места к ремонту.

Выполнение всего комплекса мероприятий по техническому обслуживанию и эксплуатации с проведением качественных ремонтов в установленные сроки создает условия для надежной, безаварийной работы оборудования в течение всего срока его службы.

В углеобогащении работы по техническому обслуживанию и ремонтам осуществляются во время остановки фабрик на ремонт оборудования. Время остановок отдельных фабрик колеблется от 1,3 до 5 ч в зависимости от технической оснащенности, условий эксплуатации и других причин. Капитальные ремонты оборудования, не имеющего резерва и требующие продолжительной остановки фабрики приурочиваются к праздничным дням или производятся в другие заранее запланированные дни. Нарушение периодичности выполнения межремонтного технического обслуживания в ряде случаев является причиной внезапных отказов оборудования. В связи с этим сокращение ремонтного времени, а тем более отказ от ТО, допустимы лишь в крайних случаях.

### 19.3. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ

Комплексная механизация и автоматизация производства внесла существенные изменения в структуру состава рабочих ремонтных служб.

Организация ремонта должна предусматривать такую последовательность и перечень выполняемых операций, при которых обеспечиваются сокращение времени проведения ремонтов, выполнение углеобогажительной фабрикой заданных показателей как по объему, так и качеству выпускаемой продукции, экономия материальных ресурсов. Должна быть обеспечена полная работоспособность машин и механизмов в период установленного межремонтного срока.

Современные обогатительные машины весьма сложны. Некоторые их узлы по сложности могут быть приравнены к самостоятельным машинам (двигатели, исполнительные механизмы и регуляторы).

Работа обогатительных машин и аппаратов происходит в специфических условиях обогатительных фабрик, для которых характерны:

большие динамические знакопеременные нагрузки; агрессивность окружающей среды в связи с избытком влаги и пыли (в некоторых углях - серы);

абразивность обрабатываемых горных пород, подвергаемых дроблению, сортировке и транспортировке особенно в местах самотечных перепадов, перегрузок;

агрессивность и абразивность обрабатываемых пульп (суспензий);

высокие температуры обработки продуктов обогащения при сушке.

Характерная особенность работы обогатительных машин и аппаратов на углеобогажительной фабрике поточность непрерывного технологического процесса. Все машины соединены в единую технологическую цепь аппаратов таким образом, что остановка или отказ в работе любой машины, составляющей эту

цепь, приводит к остановке всей цепи и иногда целой фабрики. Чтобы не допускать подобных аварийных остановок все без исключения звенья цепи как машины, так и промежуточные транспортные устройства (течки, воронки, желоба, трубопроводы и т.п.) должны быть рассчитаны по срокам износа на одинаковые периоды наработки, т.е. так, чтобы сроки выполнения ремонтно-восстановительных операций машин, составляющих поточную линию, совпадали.

Период эксплуатации оборудования от одного капитального ремонта до другого, а для нового оборудования - до первого капитального ремонта называют *ремонтным циклом*. Цикл включает комплекс профилактических мероприятий, малых и средних ремонтов, осуществляемых между капитальными. Время эксплуатации оборудования между двумя ремонтами называется *межремонтным периодом*, который зависит от конструкции, условий эксплуатации и загрузки оборудования.

Улучшение планирования ремонтных работ на базе технически обоснованных норм времени на ремонт оборудования и контроль за его выполнением способствуют сокращению потерь рабочего времени на фабриках.

Планирование ремонтных работ на углеобогажительных фабриках должно осуществляться с помощью годовых и месячных графиков. Годовой график ремонта составляется на основании структур ремонтного цикла, с учетом ремонтных работ, выполненных в предыдущем году. В годовом графике необходимо капитальные ремонты К, текущие ремонты Т и замену оборудования З. В графике целесообразно распределять оборудование по бригадам: вначале перечислить все оборудование, обслуживаемое бригадой № 1, затем бригадой № 2 и т.д.

Месячные графики составляются на основании годового с учетом технического состояния оборудования, выявленного в результате проведения предыдущих ремонтов или осмотров. В месячные графики необходимо включать работы по техническому обслуживанию ОР, плановые ремонты РО, Т, К и замены оборудования З. В зависимости от трудоемкости и конструктивного исполнения машины выполнение ремонтов в месячных графиках может быть запланировано как на один, так и на несколько дней.

Одним из основных требований, предъявляемых к графикам ППР, является равномерное распределение трудоемкости ремонта по месяцам при составлении годовых и по дням при составлении месячных графиков работ. С учетом этого требования графики ППР составляются повсеместно.

В процессе ремонта углеобогажительного оборудования используются материалы разнообразной номенклатуры. Эти материалы не составляют основы готового продукта (концентрата), а предназначены для поддержания оборудования в нормальном техническом состоянии. При этом необходимо знать не только какие потребуются материалы, но и в каком количестве. Ис-

ходными данными для определения потребности служат нормы расхода. Основным критерием при разработке норм расхода металла на ремонт деталей является их нормативный срок службы, который базируется на данных эксплуатационных износов деталей и предельных допусков на износ их рабочих поверхностей в соответствии с требованиями эксплуатации и ремонта применительно к конкретной машине и оборудованию. В углеобогащении эти сроки предусмотрены в положении о планово-предупредительном ремонте.

Для поддержания в работоспособном состоянии машин и оборудования необходимо, чтобы обогащенные фабрики были обеспечены необходимыми запасными частями. Нормы расхода запасных частей на ремонтно-эксплуатационные нужды разработаны так, чтобы можно было определить фактическую их потребность исходя из индивидуальных особенностей углеобогащительной фабрики, марки обогащаемого угля и глубины его обогащения.

Оснащенность электромеханических мастерских углеобогащительных фабрик, а также необходимая численность рабочих и их профессии устанавливаются исходя из конкретных условий (суточной переработки, глубины обогащения и др.).

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Содержание межремонтного технического обслуживания и ремонтов.
2. В чем заключается организация ремонтной службы?
3. Обязанности обслуживающего персонала по техническому обслуживанию машин и механизмов.

## Глава 20

### ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

#### 20.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В процессе своей деятельности человек всегда воздействовал на природу. По мере развития промышленности в хозяйственный оборот вовлекаются все возрастающие объемы природных ресурсов. Развитие угольной промышленности связано с добычей и переработкой полезных ископаемых - углей, сланцев. Проникая в недра земли, мы изменяем окружающую среду, вмешиваемся в естественные процессы, протекающие на земле. Современная техника сделала человека настолько могучим, что природа во многих случаях уступает ему. Карьеры длиной до 10 км и глубиной до 1000 м, породные отвалы, хвостохранилища площадью в десятки гектаров - все это результат человеческой деятельности.

Количество вредных веществ, попадающих в окружающую среду с производственными выбросами при работе углеобогащительных фабрик в основном зависит от объемов содержащейся в перерабатываемом угле породы и качественных ее характеристик.

Основные направления снижения вредного влияния деятельности фабрик на окружающую среду - это совершенствование техники и технологии обогащения угля и складирования отходов углеобогащения.

Одновременно государство своими нормативными актами и законами ужесточает требования по охране окружающей природной среды и рациональному использованию природных ресурсов. Законодательством установлены основные направления деятельности экологических служб, правила охраны природы и рационального использования ее ресурсов, права и обязанности предприятий, организаций и отдельных граждан.

Правовая охрана земель включает меры направленные на рациональное использование фабриками отведенных земельных участков под породные отвалы и илонакопители. Контролируется выполнение мероприятий по защите прилегающих земель от ветровой и водной эрозии, загрязнения.

По мере использования земель для производственных нужд фабрики должны принимать меры по их рекультивации.

Правовая охрана вод состоит в обеспечении нормальных условий использования природных вод для населения и деятельности рыбного хозяйства. Предприятия, деятельность которых влияет на состояние вод обязаны проводить технологические, гидротехнические, санитарные и другие мероприятия, обеспечивающие охрану вод от загрязнения, засорения и др. Сброс сточных вод в водоемы общественного пользования допускается после их очистки.

Правила охраны поверхностных вод содержат нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воде. Разработки ПДК вредных веществ осуществляется соответствующими организациями. По фабрикам контролируется соблюдение правил эксплуатации очистных сооружений, поддержание их в рабочем состоянии и эффективности работы.

Правовая охрана атмосферного воздуха имеет целью сохранение в чистоте и улучшение состояния атмосферного воздуха, предотвращение или снижение вредного воздействия на атмосферу. Законами об охране природы запрещено вводить в действие новые предприятия или объекты без обеспечения мер по очистке промышленных газовых отходов, оказывающих вредное воздействие на окружающую среду. Соответствующая инспекция следит за эффективностью работы газоочистных и пылеулавливающих установок.

Оздоровление окружающей среды осуществляется путем установления нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ. Нормативы предельно допустимых концентраций являются едиными

для государства и обязательны на всей территории страны. Для атмосферного воздуха населенных пунктов имеется перечень, который включает более 200 вредных веществ. Предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ по объему для аспирационных систем стационарных объектов (сушильные установки, котельные, углеподготовка и др.), как правило, разрабатываются вышестоящими организациями для подведомственных предприятий и утверждаются государственными органами по контролю природной среды.

За нарушения законодательства об охране природной среды предусмотрено наказание виновных, включая административные, дисциплинарные и уголовные меры воздействия.

## 20.2. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Углеобогатительные фабрики являются предприятиями, отрицательно воздействующими на природную среду. При этом степень загрязнения в значительной мере зависит от глубины обогащения угля и культуры производства на предприятии.

Совершенствование технологии - важнейший фактор уменьшения загрязнения окружающей среды. В перспективе желательно создание углеобогатительной фабрики без выпуска отходов, чтобы отходы могли стать сырьем для других производств.

Основные виды загрязняющих веществ, выбрасываемых фабриками в атмосферу, - угольная и породная пыль, сернистый ангидрид, оксиды углерода, азота, сероводорода.

Объекты выброса вредных веществ - аспирационные системы, сушильные агрегаты, отвалы отходов углеобогащения, объекты хозяйственно-бытового назначения.

Транспортировка угля, эксплуатация угольных складов, переработка угля на фабриках и сортировочных установках сопровождаются дополнительным пылеобразованием, что является источником выделения угольной пыли внутри производственных помещений и в атмосферу. Находясь во взвешенном состоянии, пыль оказывает отрицательное воздействие на здоровье обслуживающего персонала, а выбрасываемая в атмосферу пыль загрязняет воздух близлежащих населенных пунктов.

Главными источниками запыленности производственной среды являются: места перегрузок с конвейера на конвейер, с питателя на конвейер; сита грохотов; сухая классификация. Наиболее интенсивное пылеобразование наблюдается в местах перепада высушенного концентрата с большим содержанием тонкого класса. В процессе выгрузки угля из вагонов в зонах вагонопрокидывателя и ям привозных углей происходит интенсивный вынос пыли в воздух.

Процесс классификации угля на грохотах сопровождается интенсивным пылеобразованием и пылевыведением. На большинстве фабрик грохота сухой классификации работают с укры-

тиями, оснащенными системой аспирации. Однако вследствие неплотностей в разгрузочных и загрузочных устройствах запыленность в зонах обслуживания значительная.

При работе дробилок из-за наличия неплотностей в питающих и разгрузочных течках, а также высокого уровня вибрации дробилок и примыкающего оборудования выделяется много пыли.

Источниками запыленности воздуха в сушильно-топочных отделениях являются разгрузочные камеры и циклоны, сухие пылеуловители, разгрузчики пыли, дымососы и газоходы, транспортные устройства сухого угля и пыли.

Некоторые объекты фабрик (например, топочные устройства сушильных установок, котельные установки), являются источниками образования и выброса в атмосферу вредных для жизнедеятельности человеческого организма газов. К ним относятся оксиды углерода и азота, сернистый ангидрид, а также сероводород. Загрязнение ими атмосферы вызывает различные заболевания людей и животных, отрицательно влияет на лесные массивы, сельскохозяйственные культуры. Выбросы в атмосферу сернистого ангидрида и сероводорода увеличивают скорость коррозии металлических конструкций зданий и сооружений.

Вредные выбросы породных отвалов колеблются в широких пределах для различных бассейнов в зависимости от количества углистых составляющих пород, содержащих пиритной и колчеданной серы. Под действием изменяющейся температуры воздуха, осадков, ветров происходит самовозгорание кусковой породы с образованием пыли. В сухую погоду эта пыль уносится из отвала, загрязняя атмосферу.

Запыленность воздуха вблизи расположения отвалов увеличивается, если отвал горит. Эксплуатируемые горящие породные отвалы не только загрязняют атмосферу, но и представляют опасность из-за возможных взрывов. Особенно опасны в этом отношении конические отвалы. Взрывы происходят, как правило, при реформировании отвала и нарушении его структуры, а также под воздействием атмосферных осадков. При этом происходят внезапный выброс горячих газов и деформация отвала.

Ущерб, наносимый породными отвалами, не ограничивается внезапными выбросами вредных газов и пыли. Складирование породы на поверхности земли требует изъятия земельных участков, часто пригодных для сельскохозяйственного производства.

Загрязнение водных источников. Производственные сточные воды очищаются непосредственно на фабриках и в большинстве случаев в водоемы не сбрасываются, а возвращаются в оборот.

Выпуск сточных вод в водоемы допускается в случаях, если содержание в них различных химических элементов не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК).

Загрязнение водоемов происходит за счет случайных сбросов илистых или шламовых вод. Сточные воды фабрик загрязнены в



основном грубодисперсными примесями, состоящими из угольных и породных частиц различной крупности.

В сточных водах фабрик, использующих флотационный метод обогащения, содержатся также остатки флотационных реагентов, представляющие собой нефтепродукты, высшие спирты и др.

В период таяния снегов и дождей породные отвалы также становятся источниками загрязнения прилегающих земель и водных источников вредными веществами. Значительные объемы загрязняющих веществ содержатся в поверхностных сточных водах фабрик.

### 20.3. РОЛЬ ОБОГАТИТЕЛЯ ШИРОКОГО ПРОФИЛЯ В СНИЖЕНИИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В условиях перевода предприятий на полный хозрасчет, а также в связи с новым законодательством об охране окружающей среды от загрязнения и других вредных воздействий производств природоохранные мероприятия должны осуществляться за счет собственных средств.

На фабриках особое внимание должно уделяться тем объектам, которые являются главными источниками образования и выделения вредных веществ в атмосферу или выбросов неочищенных стоков в водоемы общественного пользования.

Соблюдение требований эксплуатации на всех участках производства обеспечивает максимальное снижение вредного воздействия фабрик на окружающую среду.

Эксплуатация породных отвалов. Конические отвалы для складирования породы в настоящее время не сооружают из-за невозможности одновременного складирования породы и проведения профилактических мер против самовозгорания породы.

Ликвидация или сведение к минимуму вредного воздействия конических отвалов включает переформирование отвала более устойчивую форму и тушение внутренних очагов горения. Работы по переформированию и тушению внутренних очагов горения отвалов проводятся по специально разработанному проекту, учитывающему специфику данного отвала.

Основные мероприятия по снижению самовозгорания конических отвалов сводятся к максимальному извлечению горячей массы из породы в процессе обогащения угля.

Наиболее благоприятные условия для проведения профилактических мер против самовозгорания имеются при складировании породы в плоские отвалы. Доставка породы на плоские отвалы обычно производится автосамосвалами. Грузные автосамосвалы хорошо уплотняют складированную породу. Этому способствует работа на отвале бульдозеров, перемещающих и разравнивающих породу. Иногда для большего уплотнения применяют катки, прикрепляемые к бульдозеру.

Порода складировается слоями (ярусами), высота которых определяется проектом. Завершаются работы по формированию яруса укладкой по всей его площади инертного материала (глины, суглинка) высотой 0,3 м и уплотнением его катками. Толщина слоя инертного материала на склонах отвала - 2 м.

Для предупреждения скапливания осадков, поверхности отвала придают уклон от центра к периферии, равный 0,01.

Для устранения пыления на дорогах при движении автосамосвалов их орошают. После ввода в эксплуатацию, целесообразно провести озеленение санитарно-защитной зоны отвала. Зеленые насаждения уменьшают запыленность воздуха и поглощают содержащиеся в атмосферном воздухе вредные для здоровья человека вещества.

С целью ликвидации вредного влияния породного отвала на окружающую природную среду, через 2-3 года после возведения отвала до проектных отметок его следует рекультивировать. Для этого на уложенный защитный слой инертного материала, наносят плодородный грунт, предварительно снятый с площади размещения отвала при его строительстве и заскладированный вблизи него. Затем производят посадку деревьев и кустарников двух-трех наиболее простых местных пород.

Эксплуатация илонакопителей. При условии тщательного соблюдения всех требований инструкций по эксплуатации илонакопителя будет обеспечен бесперебойный прием отходов и возврат осветленной воды в оборотный цикл фабрики. Все гидротехнические сооружения илонакопителя не менее двух раз в год (весной и осенью) осматриваются специальной комиссией.

Весной определяется подготовленность илонакопителя к приему и пропуску паводковых вод, осенью - подготовленность сооружений к работе в зимний период. Такие осмотры необходимы для разработки плана мероприятий по поддержанию и улучшению технического состояния сооружений.

Наблюдения за состоянием гидротехнических сооружений илонакопителя должны вестись в течение всего периода его эксплуатации. С помощью специальных контрольно-измерительных приборов и устройств контролируется деформация гидротехнических сооружений по высоте и в горизонтальном плане. Также ведутся постоянные наблюдения за фильтрацией воды через тело плотины. Одновременно контролируется исправность гидрозащитных сооружений, предназначенных для приема и пропуска паводковых и ливневых вод в обход илонакопителя (канавы, тоннели и др.).

Конструкция водозаборного устройства должна исключать приток в него воды при наращивании порога водослива. При обнаружении нарушений и различных негативных явлений на объекте необходимо принять срочные меры по их ликвидации.

В процессе эксплуатации илонакопителя в зимний период необходимо следить за образованием наледей вокруг водозаборных сооружений, трубопроводов и своевременно их скалы-

вать. Осветляемая пульпа должна подаваться под ледяной покров во избежание возврата на фабрику загрязненной воды. В конце зимнего периода все сооружения илонакопителя подготавливаются к пропуску паводковых вод.

После заполнения илонакопителя принимается решение о дальнейшем его использовании. Учитывается экологическая обстановка в месте его расположения, производятся необходимые технико-экономические расчеты. При отсутствии места для складирования породы гравитационного обогащения, а также наличии других решений по складированию отходов флотации, его следует использовать для сооружения породного отвала.

В ряде случаев более перспективной является очистка илонакопителя от осадка с целью повторного его использования для складирования отходов флотации. Очищенный илонакопитель может быть реконструирован в секционный илонакопитель непрерывного действия с поочередным заполнением и очисткой секций. Технология непрерывного получения осветленной воды для повторного использования в оборотном цикле фабрики обеспечивается поочередным заполнением и очисткой секций от осадка.

Складирование осадка илонакопителя чаще всего производится на породных отвалах на отдельных площадках, не смешивая их с отходами гравитационного обогащения. Отдельные фабрики отгружают отходы флотации (илистые шламы) потребителям, чаще всего на кирпичные заводы.

В последние годы получила распространение технология обезвоживания отходов флотации с использованием крупномеражных фильтр-прессов. Несмотря на большую трудоемкость и сложность, в этом случае фабрике не требуются громоздкие наружные очистные сооружения - илонакопители, хвостохранилища и пр. Получаемый на фильтр-прессах обезвоженный продукт (коржи) вполне транспортабельный и может складироваться совместно с породой гравитации, а фильтрат практически чистый. На фабриках угольной промышленности применяют камерные фильтр-прессы польского производства и отечественные типа ФКМ-600. Создан и принят к серийному производству ленточный фильтр-пресс непрерывного действия типа ЛМН15-2Т-01, предназначенный для обезвоживания отходов флотации и шламов.

Пылегазовые выбросы на углеобогащательных фабриках образуются в сушильных и котельных установках, аспирационных системах.

Эффективность очистки пылегазовых смесей зависит от используемого оборудования и правильной его эксплуатации. Максимальная эффективность достигается при соблюдении установленных технологических режимов и поддержании аппаратуры в исправном состоянии.

Нельзя допускать подсосов воздуха по газовому тракту в местах соединений, в разгрузочных устройствах, так как это резко снижает качество очистки газовой смеси. Следует сле-

дить за исправностью пылезагрузочных устройств: мигалок, затворов и питателей. Необходимо проверять состояние и своевременно прочищать от скопившейся пыли элементы батарейных циклонов.

Высокоэффективная очистка газа в мокрых пылеуловителях зависит от состояния и работы водоразбрызгивающих форсунок и сопел, которые необходимо систематически прочищать.

Особое внимание при эксплуатации сушильных и котельных установок следует уделять выбросам вредных газов в атмосферу. Количество оксидов азота, образующихся при сжигании топлива, зависит от теплонапряжения топочного объема. Снижение времени пребывания азота и кислорода в зоне высоких температур уменьшает выход этих вредных соединений.

Количество образующегося при горении топлива сернистого ангидрида зависит от содержания общей серы в топливе. Снижение его в выбросах можно достигнуть главным образом путем использования малосернистого топлива. Сернистый ангидрид частично нейтрализуется в сушильных агрегатах, частично переходит в шлак.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается вредное влияние породных отвалов на природную среду?
2. Как организовано складирование отходов флотации и илистых сбросов?
3. Пути снижения отрицательного воздействия отходов углеобогащения на окружающую среду.

1. *Н.Г. Бедрань*. Обогащение углей. - М.: Недра, 1988.
2. *Б.Д. Бесов*. Аппаратчик пневматического обогащения углей. - М.: Недра, 1988.
3. *В.В. Бобриков, Л.Ф. Журбинский, В.Д. Роговской*. Охрана труда на углеобогатительных фабриках. - М.: Недра, 1989.
4. *С.И. Гройсман*. Технология обогащения углей. - М.: Недра, 1987.
5. *П.К. Губский*. Охрана труда и противопожарная защита на углеобогатительных фабриках. - М.: Недра, 1986.
6. *В.М. Моршинин*. Устройство и эксплуатация обогатительных машин. - М.: Недра, 1984.
7. *Оборудование и аппаратура для обогатительных фабрик*. Каталог. - М.: ЦНИЭИуголь, 1989.
8. *В.А. Перов, Е.Е. Андреев, Л.Ф. Биленко*. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. - М.: Недра, 1990.
9. *Г.А. Пиккат-Ордынский*. Интересная профессия - углеобогатитель. - М.: Недра, 1985.
10. *Рекомендации по технологическим схемам и параметрам обогащения крупного и мелкого угля в магнитовых суспензиях (основные параметры)*. - М.: ИОТТ, 1988.
11. *Н.А. Самылин, В.С. Бутовецкий*. Водовоздушное хозяйство углеобогатительных фабрик. - М.: Недра, 1982.
12. *Справочник по обогащению углей*. Под редакцией И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. - М.: Недра, 1984.
13. *Типовые инструкции по охране труда для рабочих основных технологических профессий углеобогатительных и брикетных фабрик*. М.: Министерство угольной промышленности СССР, 1990.
14. *Турченко В.К.* Машинист установок обогащения и брикетирования. - М.: Недра, 1990.
15. *В.А. Филиппов*. Технология сушки и термоаэроклассификации углей. - М.: Недра, 1987.
16. *С.Э. Фридман, О.К. Щербаков, А.М. Комлев*. Обезвоживание продуктов обогащения. - М.: Недра, 1988.
17. *В.И. Хадайкин, В.Г. Бутовецкая, М.Н. Кошмаров*. Наладка и эксплуатация технологических комплексов углеобогатительных фабрик. - М.: Недра, 1986.
18. *Г.Г. Чуянов*. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей природной среды. - М.: Недра, 1987.

Предисловие . . . . .	3
Глава 1. Качество ископаемых углей . . . . .	5
1.1. Происхождение и состав ископаемых углей . . . . .	5
1.2. Физико-химические свойства ископаемых углей . . . . .	7
1.3. Классификация углей по маркам и крупности . . . . .	8
1.4. Показатели качества угольной продукции . . . . .	10
1.5. Краткие сведения о требованиях, предъявляемых к качеству углей и их нормированию. . . . .	12
Глава 2. Производственная структура обогатительных фабрик . . . . .	15
2.1. Общие сведения . . . . .	15
2.2. Обогатительные фабрики . . . . .	18
2.3. Краткие сведения о штатах и функциях структурных подразделений . . . . .	20
Глава 3. Характеристика содержания труда обогатителя широкого профиля . . . . .	22
3.1. Общие сведения . . . . .	22
3.2. Рабочее место . . . . .	22
3.3. Организация работы . . . . .	23
3.4. Содержание труда обогатителя широкого профиля . . . . .	25
Глава 4. Угленрием и подготовка углей к обогащению . . . . .	28
4.1. Общие сведения . . . . .	28
4.2. Прием и подготовка углей к обогащению . . . . .	29
4.3. Устройство и назначение оборудования . . . . .	32
4.4. Эксплуатация оборудования и устройств для приема и подготовки углей к обогащению . . . . .	41
Глава 5. Способы транспортирования углей, транспортные машины и механизмы . . . . .	45
5.1. Способы транспортирования углей . . . . .	45
5.2. Транспортные машины и механизмы. . . . .	45
5.3. Эксплуатация транспортных машин и механизмов . . . . .	52
Глава 6. Дробление и классификация углей . . . . .	57
6.1. Общие сведения . . . . .	57
6.2. Краткие сведения о гранулометрическом составе углей . . . . .	59
6.3. Рабочие просеивающие поверхности для классификации углей . . . . .	61
6.4. Оборудование для классификации углей, устройство и назначение основных узлов . . . . .	64
6.5. Основные факторы, влияющие на классификацию углей . . . . .	75
6.6. Оборудование для дробления углей, устройство и назначение основных узлов . . . . .	77
6.7. Эксплуатация оборудования для дробления и классификации углей . . . . .	83
Глава 7. Способы обогащения углей . . . . .	84
7.1. Сведения о способах обогащения углей . . . . .	84
7.2. Виды процессов обогащения . . . . .	85
7.3. Продукты и показатели обогащения . . . . .	86
7.4. Фракционный анализ и обогатимость углей . . . . .	87

<b>Глава 8. Обогащение углей в отсадочных машинах</b> . . . . .	92
8.1. Сведения о процессе отсадки . . . . .	92
8.2. Отсадочные машины, устройство и назначение их основных узлов . . . . .	95
8.3. Вспомогательное оборудование к отсадочным машинам . . . . .	110
8.4. Технологические параметры, схемы и режимы отсадки . . . . .	114
8.5. Эксплуатация отсадочных машин . . . . .	126
<b>Глава 9. Обогащение угля в тяжелосредних сепараторах и гидроциклонах</b> . . . . .	133
9.1. Сведения о процессе обогащения в минеральных суспензиях . . . . .	133
9.2. Оборудование, устройство и назначение основных узлов . . . . .	138
9.3. Регенерация суспензии . . . . .	147
9.4. Вспомогательное оборудование . . . . .	152
9.5. Технологические параметры, схемы и режимы обогащения в магнетитовой суспензии . . . . .	159
9.6. Эксплуатация тяжелосредних установок . . . . .	169
<b>Глава 10. Обогащение углей в противоточных гравитационных аппаратах</b> . . . . .	177
10.1. Сведения о процессе противоточной сепарации . . . . .	177
10.2. Оборудование, устройство и назначение основных узлов . . . . .	177
10.3. Технологические параметры, схемы и режимы противоточной сепарации . . . . .	179
10.4. Эксплуатация установок, оборудованных крутонаклонными сепараторами . . . . .	181
<b>Глава 11. Обогащение углей в пневматических сепараторах</b> . . . . .	182
11.1. Пневматическое обогащение . . . . .	182
11.2. Оборудование, устройство и назначение основных узлов . . . . .	183
11.3. Технологические параметры, схемы и режимы пневматического обогащения углей . . . . .	190
11.4. Эксплуатация установок пневматического обогащения углей . . . . .	192
<b>Глава 12. Обогащение углей во флотационных машинах.</b> . . . . .	194
12.1. Сведения о процессе флотации углей . . . . .	194
12.2. Флотационные реагенты . . . . .	197
12.3. Оборудование для флотации углей, устройство и назначение основных узлов . . . . .	199
12.4. Технологические параметры, схемы и режимы флотации углей . . . . .	214
12.5. Эксплуатация флотационных установок . . . . .	222
<b>Глава 13. Эффективность процессов обогащения</b> . . . . .	228
13.1. Технологическая эффективность . . . . .	228
13.2. Техничко-экономическая эффективность . . . . .	236
<b>Глава 14. Обезвоживание продуктов обогащения</b> . . . . .	238
14.1. Сведения о процессе обезвоживания углей . . . . .	238
14.2. Обезвоживание в элеваторах и на грохотах . . . . .	239
14.3. Обезвоживание в центрифугах . . . . .	244
14.4. Фильтрование на дисковых, ленточных вакуум-фильтрах и фильтр-прессах . . . . .	253
14.5. Схемы фильтровальных установок . . . . .	263
14.6. Эксплуатация оборудования для обезвоживания углей . . . . .	265
<b>Глава 15. Насосные установки</b> . . . . .	267
15.1. Общие сведения . . . . .	267
15.2. Типы насосов, устройство и назначение основных узлов . . . . .	268

15.3. Эксплуатация насосных установок . . . . .	275
<b>Глава 16. Сушка продуктов обогащения</b> . . . . .	277
16.1. Сведения о процессе сушки . . . . .	277
16.2. Типы сушилок, устройство и назначение основных узлов . . . . .	278
16.3. Топочные устройства . . . . .	286
16.4. Пылеулавливающие устройства . . . . .	292
16.5. Эксплуатация сушильных установок . . . . .	296
<b>Глава 17. Автоматизация технологических процессов</b> . . . . .	299
17.1. Сведения об автоматизированной системе управления обогатительных фабрик (АСУ ОФ) . . . . .	299
17.2. Автоматизация процесса обогащения угля в отсадочных машинах . . . . .	302
17.3. Автоматизация процесса обогащения угля в минеральных суспензиях . . . . .	306
17.4. Автоматизация процесса флотации . . . . .	310
17.5. Автоматизация процесса сушки . . . . .	314
17.6. Датчики технологических параметров . . . . .	318
<b>Глава 18. Контроль качества рядовых углей и продуктов обогащения</b> . . . . .	325
18.1. Общие сведения . . . . .	325
18.2. Оборудование для отбора проб . . . . .	327
18.3. Оборудование для обработки проб . . . . .	334
18.4. Контроль качества рядовых углей и продуктов обогащения . . . . .	338
18.5. Технологические расчеты качественно-количественных показателей обогащения . . . . .	339
<b>Глава 19. Ремонт оборудования для обогащения углей</b> . . . . .	342
19.1. Общие сведения . . . . .	342
19.2. Система технического обслуживания и ремонта оборудования . . . . .	343
19.3. Организация ремонтной службы . . . . .	346
<b>Глава 20. Охрана окружающей среды.</b> . . . . .	348
20.1. Общие сведения . . . . .	348
20.2. Источники загрязнения окружающей среды . . . . .	350
20.3. Роль обогатителя широкого профиля в снижении уровня загрязнения окружающей природной среды . . . . .	352
Список литературы . . . . .	356