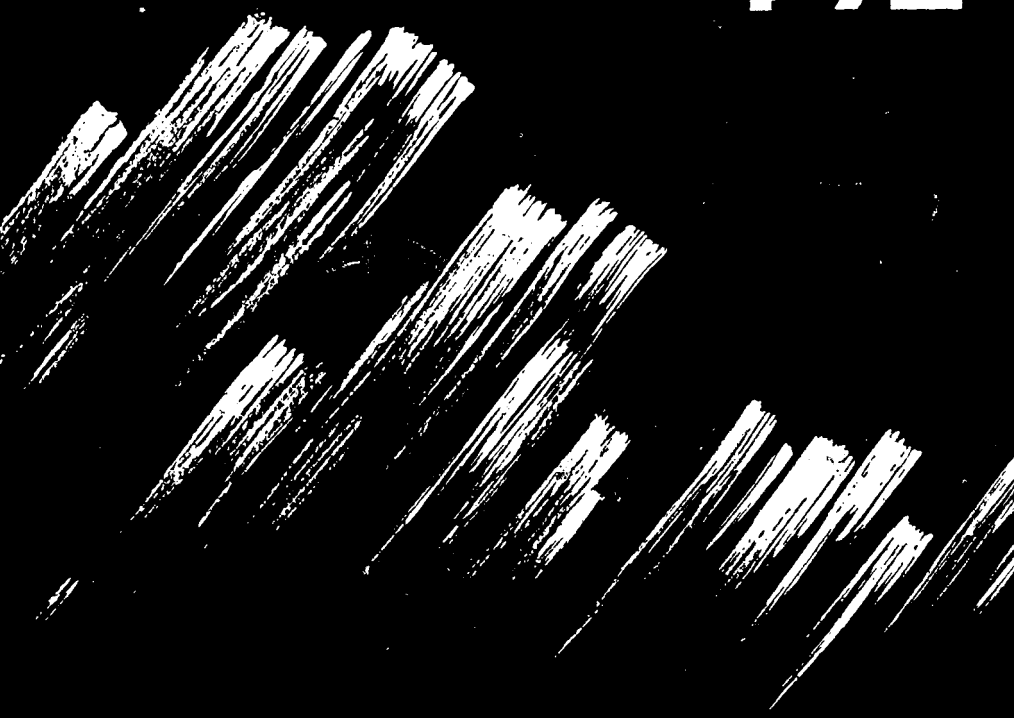


62-47
5 51



БОГАЩЕНИЕ АСБЕСТОВЫХ РУД



ГОСГОРТЕХИЗДАТ

1962

М. Б. ШЕДРИНСКИЙ, А. В. ВОЛЕГОВ, Э. К. МЮЛЛЕР

БОГАЩЕНИЕ
АСБЕСТОВЫХ РУД

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ
ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ
Москва 1962

622.7:622.367.6

01-158

226

АННОТАЦИЯ

Книга содержит краткие сведения о свойствах асбеста, геологии, условиях его залегания и методах добычи асбестовых руд в СССР и за рубежом.

Рассмотрены процессы обогащения асбестовых руд и применяемое оборудование. Приведены рекомендации по выбору и расчету технологических схем обогащения. Освещены вопросы контроля производства.

Книга предназначена для мастеров и инженерно-технических работников асбестовой промышленности и может быть использована проектными организациями и студентами обогатительной специальности.

Государственная
библиотека
СССР
им. В. И. Ленина
1959

ПОСТАВЛЕНО

Рецензент — *инж. УСТИНОВ Д. В.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Асбест, благодаря своим ценным качествам является незаменимым сырьем для производства многих изделий в различных отраслях промышленности.

К концу семилетки производство асбеста в СССР возрастет в 2,5 раза по сравнению с 1958 г., и превысит его выработку, достигнутую всеми капиталистическими странами в 1957 г.

Одновременно с расширением объема производства будут внедряться новые, высокопроизводительные машины и наиболее совершенные технологические процессы, позволяющие более полно использовать сырье, максимально механизировать и автоматизировать производство.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность коллективам института НИИасбест и кафедре обогащения Свердловского горного института им. В. В. Вахрушева за ценные советы и практическую помощь, оказанную ими при составлении книги.

Главы I и II книги написаны при участии инженеров А. С. Огнева и М. А. Белова.

Авторы будут весьма признательны читателям за все критические замечания и пожелания по улучшению книги.

Авторы

Глава I

ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АСБЕСТА

Асбестами* называют некоторые минералы группы серпентина и амфибола, обладающие рядом общих свойств, как-то: способностью расщепляться на тонкие и гибкие волокна, скручиваться в нить и т. д.

Минералы, относящиеся к асбесту, встречаются в виде правильно волокнистых и путано волокнистых образований и делятся на две группы: хризотила и амфибола.

По химическому составу асбестовые минералы являются гидросиликатами магния, железа и отчасти кальция и натрия.

Наибольшее промышленное значение по объему потребления имеет хризотил-асбест, на долю которого приходится почти 95% мировой добычи асбеста.

А'

§ 1. ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ**

Химический состав и структура

Хризотил-асбест является магниальным гидросиликатом, химический состав которого теоретически выражается формулой $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с процентным содержанием окислов:

$\text{MgO} — 43,45\%$; $\text{SiO}_2 — 43,5\%$; $\text{H}_2\text{O} — 13,05\%$.

Из-за наличия примесей FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , реже CaO , Cr_2O_3 , NiO , MnO состав природного хризотил-асбеста несколько отличается от теоретического состава (табл. I).

Разновидностью хризотил-асбеста является пикролит, известный также под названием «горная кожа» или «горная пробка». Пикролит сложен из грубых, трудно отделяемых друг от друга, непрочных волокон длиной до 500 мм, расположенных вдоль трещин, и промышленно о значения пока не имеет.

* Асбест — слово греческое, в буквальном переводе означает неугасаемый, в переносном — постоянный, долговечный.

** Хризотил — слово греческое, в переводе означает золотой волос (хризом — золото, тилос — волос).

Химический состав природного хризотил-асбеста, %

Окислы	СССР					Канада (Тет-форд)	США (Ари-зона)	Южная Африка
	Баженово		Дже-тыгара	Кнем-бай	Аспа-гаш			
	Асбест нормальной прочности	Асбест ломкий						
SiO ₂	42,10	41,70	44,41	44,69	42,01	39,62	41,56	41,15
MgO	41,99	37,62	39,33	39,86	40,63	39,73	42,05	40,76
Al ₂ O ₃	0,53	0,95	0,84	0,30	0,28	0,81	1,27	0,58
Fe ₂ O ₃	1,30	1,76	1,88	1,54	0,60	4,62	—	1,45
FeO	0,24	2,34	0,49	0,42	0,05	1,90	0,64	0,96
CaO	Следы	2,45	Следы	Следы	0,77	Следы	—	—
Na ₂ O + K ₂ O	То же	Следы	То же	То же	Следы	—	—	—
H ₂ O + *	12,99	12,99	12,03	12,10	12,02	13,32	12,92	13,11
H ₂ O — **	1,42	1,42	0,80	0,70	1,63	0,43	1,39	0,92

* H₂O + — конституционная вода.** H₂O — адсорбционная вода.

Способность хризотил-асбеста распадаться на гибкие и прочные волокна впервые была объяснена советским ученым К. В. Васильевым, получившим в 1927 г. первую рентгенограмму уральского асбеста.

Из-за волокнистого строения хризотил-асбеста структура его долгое время не была установлена; согласно последним рентгенометрическим исследованиям, структура, вероятно, монсклинная. По Уоррену и Бреггу, кристаллическая ячейка имеет следующие размеры: $a = 14,66 \text{ \AA}^*$, $b = 18,5 \text{ \AA}$, $c = 5,33 \text{ \AA}$.

Рентгенометрические исследования показывают, что волокнистые минералы, асбесты представляют собой поликристаллические агрегаты.

Электронномикроскопическими исследованиями Бадоле, Ягодзинского и Багхи установлено, что волокна хризотила являются полыми и обнаруживают большое сходство с трубочками. Внутренний диаметр трубочек равен 130 \AA , а их средний внешний диаметр 260 \AA . Трубочки расположены с высокой степенью параллельности.

Показатель преломления хризотила $N_{\text{ср}} = 1,53—1,57$. Удельный вес хризотил-асбеста составляет 2,49—2,53. Твердость вдоль волокон равна 2 и поперек волокон 2,5. Температура плавления около 1550° . Кислотоупорность слабая. Хризотил-асбест характеризуется малым коэффициентом теплопроводности, что обуславливает его высокие термоизоляционные свойства.

* Ангстрем — единица измерения длины, равная 10^{-8} см.

Механические свойства

При оценке качества хризотил-асбеста самым существенным является определение его механической прочности.

Недеформированное волокно асбеста обладает весьма высокой прочностью на разрыв (табл. 2). Деформации, имеющие место в процессе обогащения, снижают его прочность в 2—3 раза.

Таблица 2

Прочность на разрыв хризотил-асбеста, кг/мм²

Месторождение	Волокно недеформированное	Волокно, подвергнутое излому	Волокно, скрученное на 5 оборотов при длине 3,5 мм
СССР (Баженово)	317	210	163
Канада (Тетфорд)	304	190	160
Южная Африка (Родезия)	270	170	80

Волокна асбеста обычно имеют длину до 40 мм.

Если нить органического волокна сечением 1 мм² разрывается при нагрузке 40—80 кг, а нить из стальной проволоки при нагрузке 213 кг, то нить асбестового волокна при тех же условиях рвется по нагрузке 40—80 кг, а нить из стальной проволоки при нагрузке механического воздействия расщепляется на тончайшие волокна высокой механической прочности является ценнейшим его свойством.

В зависимости от механической прочности на разрыв асбест условно делят на три разновидности: нормальной прочности, пониженной прочности и ломкий* (табл. 3). Прочность волокон при скручивании снижается примерно в 4 раза.

Таблица 3

Сопrotивление на разрыв волокон хризотил-асбеста различной прочности, кг/мм²

Разновидность асбеста	Волокно недеформированное	Волокно, подвергнутое одному излому	Волокно, скрученное на 5 оборотов
Нормальной прочности	300	200	150
Пониженной прочности	200	150	50
Ломкий	200	30	Не выдерживает

Пучок волокон ломкого асбеста (толщиной 0,5—1 мм) после второго-третьего изгиба под прямым углом ломается. Волокно пониженной прочности той же толщины, согнутое до 180°, не ломается

* Следует отличать ломкий хризотил-асбест от «каменистого», который не обладает тонковолокнистой структурой.

и при освобождении выпрямляется, т. е. обладает упругостью. Волокно ломкого асбеста, грубое на ощупь, отделяется от куска в виде иголок, не обнаруживая при этом тонких паутин волокна, какие бывают заметны при отделении иголок от куска асбеста нормальной прочности. Цвет асбеста нормальной прочности в распущенном виде белый, в кусковой руде — серебристо-белый, медово-желтый, желтовато-зеленый, изумрудно-зеленый и изредка розовый. Цвет ломкого асбеста соломенно-зеленоватый, иногда желтоватый.

Ломкий хризотил-асбест несколько отличается по химическому составу от асбеста нормальной прочности. По данным Б. Я. Меренкова, в нем несколько пониженное содержание кристаллизационной воды и окиси магния и повышенное количество закисного железа и кремнезема.

Термические свойства

Хризотил-асбест при интенсивном нагревании теряет конституционную воду, при этом волокна теряют механическую прочность и легко растираются в порошок. Изменение механических свойств асбеста при нагревании начинается еще до выделения конституционной воды.

По данным Ф. В. Сыромятникова, начало понижения прочности волокон хризотил-асбеста происходит при нагревании его свыше 70° . Снижение прочности связано с выделением адсорбционной воды. При температуре 110° выделяется около двух третей ее общего количества.*

При повышении температуры свыше 400° начинается выделение конституционной воды. Полное ее выделение происходит при температуре 700° , при этом разрушается структура хризотила и происходит образование форстерита (минерал состава Mg_2SiO_4).

При нагревании до 400° механическая прочность асбеста снижается на 23%, при температуре 500° — на 33%, а при нагревании до 600° он теряет около 77% своей первоначальной природной прочности. Деформированное волокно асбеста реагирует на нагревание значительно сильнее.

На кривых, характеризующих нагревание баженовского хризотил-асбеста до 1000° , Ф. В. Сыромятников обнаруживает две эндотермические и две экзотермические реакции. Первая эндотермическая реакция ($70-100^{\circ}$) соответствует выделению основного количества адсорбционной воды.

При температуре около 400° протекает развитие экзотермических процессов: сгорание углеродистых веществ и окисление закиси железа. Поскольку рентгенограммы образцов, обезвоженных при температуре 550 и 575° , не обнаруживают изменения структуры,

* Под температурой нагревания понимается температура самого нагреваемого минерала, а не окружающей его среды.

Ф. В. Сыромятников считает, что, возможно, вода носит цеолитный характер. Вторая экзотермическая реакция (около 600—800°) связана с выделением конституционной или кристаллизационной воды, что обуславливает полное разрушение структуры хризотила и образование форстерита.

Электрические свойства

Волокно хризотил-асбеста обладает низкой электропроводностью, которая зависит от содержания в нем примеси магнетита. Наиболее распространенной формой выделений магнетита в массе хризотил-асбеста являются тонкостолбчатые и псевдоволокнистые образования. После механической очистки сортового асбеста от примесей магнетита часть его все же остается в промежутках между элементарными волокнами. На электропроводность влияет также и небольшое количество FeO, изоморфно замещающий MgO.

Коллоидные свойства

Хризотил-асбест наряду с кристаллической структурой проявляет ряд коллоидных свойств: резко выраженную адсорбционную способность, явление гистерезиса в отношении кристаллоадсорбционной воды, что может его поставить в ряд с органическим волокном,

Хризотил-асбест обладает способностью набухания, т. е. поглощения воды (табл. 4). Более длинное волокно имеет меньшую степень набухания. Коэффициент набухания колеблется от 1,08 до 1,63. Хризотил-асбест хорошо адсорбирует пар, воду и некоторые другие жидкости. Адсорбция водяного пара при почти полном его насыщении для сортов баженовского хризотил-асбеста находится в пределах 1,95—8,0%. Средняя величина адсорбции влаги асбестом в кусках 2,68%, асбестом в измельченном виде 3,26%. Удельная поверхность хризотил-асбеста (т. е. отношение поверхности к весу) составляет около 160 м²/г, чем и обуславливается его большая адсорбционная способность.

Таблица 4

Физико-механические свойства хризотил-асбеста

Месторождение	Удельный вес	Поглощение воды	Временное сопротивление при разрыве, кг/мм ²	Модуль упругости при изгибе	Температура выделения конституционной воды, град
Баженовское:					
прочное волокно	2,50	1,57	290	10,73×10 ⁵	700
ломкое волокно	2,55		234	2,96×10 ⁵	725
Ильчирское	2,51	1,62	285	3,83×10 ⁵	699
Джетыгаринское	2,61	—	280—290	—	700
Киембаевское	2,63	—	275—290	8,07×10 ⁵	720
Аспагашское	2,43	1,08	245	8,55×10 ⁵	694

При распушке асбеста сильно возрастает его удельная поверхность. По данным П. Н. Соколова, при расщеплении волокна от i мм до 0,005 мм суммарная поверхность волокон возрастает приблизительно в 200 раз.

Кислото- и щелочестойкость

Щелочи, даже крепкие, хризотил-асбест не разрушают, но он не кислотостоек и даже слабые органические кислоты (уксусная) извлекают из него окись магния, отчего прочность и гибкость волокон резко падают.

Ниже приведены данные по кислотостойкости, т. е. потери веса в процентах, при обработке хризотил-асбеста 25%-ным раствором соляной кислоты.

Продолжительность обработки, сутки	1	3	7	28
Потери веса, %	15	38	51	55

Типы месторождений

В зависимости от состава материнских пород, за счет которых возникли серпентиниты, месторождения хризотил-асбеста подразделяются на два типа: генетически связанные с ультраосновными породами (дунитами, перидотитами и пироксенитами) и приуроченные к серпентинитам, возникшим в толщах доломитизированных известняков.

Наиболее распространенными являются месторождения первого типа.

Месторождения, связанные с ультраосновными породами

Большинство крупнейших промышленных месторождений хризотил-асбеста, генетически связанные с ультраосновными породами, располагаются на их контакте с гранитами. В результате контактного метаморфизма и воздействия на ультраосновной массив эманаций гранитной магмы, первичные породы подверглись интенсивной серпентинизации. С этой мощной фазой контактного метаморфизма связаны и процессы асбестообразования.

Асбестообразующие железо-кремнемагнезиальные растворы возникли в результате воздействия углекислых гидротермальных растворов на ультраосновные породы. Каналами для циркуляции гидротермальных и асбестообразующих растворов являлись трещины в исходных породах. Первоначальные трещины в ультраосновных породах возникли за счет сжатия пород при их остывании (контракционные трещины), в результате тектонических нарушений (тектонические трещины), а также при уменьшении объема серпентинитовых гелей после их раскристаллизации.

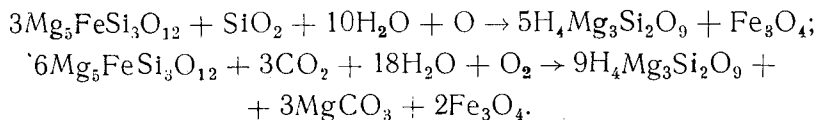
При движении гидротермальных растворов имело место растворение боковых стенок трещин, сложенных серпентинитом, бла-

годаря чему происходило обогащение исходных растворов магнием, железом и кремнеземом.

Сравнительно высокие температура и давление, а также наличие углекислоты создавали условия большой активности растворов.

В начальный момент асбестообразования гидротермальные растворы обладали достаточной подвижностью. С увеличением концентрации растворов их подвижность постепенно падала. В момент раскristализации и выделения из них хризотил-асбеста последние находились в совершенном покое.

Процесс асбестообразования происходил по схеме:



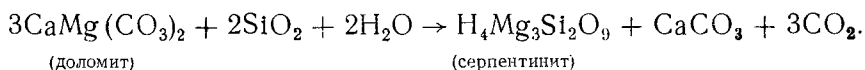
Выделение хризотил-асбеста при раскristализации гелеобразной кремнемагнезиальной массы происходит с появлением бесконечного количества центров кристаллизации на обеих стенках трещин. Среди большого количества зародышей элементарных волокон-трубок наиболее быстро растут те, которые располагаются перпендикулярно к стенкам трещин.

Развитие других элементарных волокон-трубок прекращается в самом начале процесса. Этим обуславливается строго параллельное расположение элементарных волокон и высокая расщепляемость хризотил-асбеста.

Месторождения в доломитизированных известняках

Асбестоносные серпентиниты образовались в результате воздействия гидротерм, связанных с интрузиями магматических пород, на доломитизированные известняки. Гидротермальные растворы продвигались вдоль тектонических трещин и вдоль трещин по плоскостям напластования, при этом известняк на некоторое расстояние от трещин замещался серпентинитом. Образовавшиеся таким путем полосы серпентинита в известняках обычно содержат серии параллельных друг другу прожилков хризотил-асбеста самой разнообразной мощности.

Процесс серпентинизации в этом случае можно выразить следующим образом:



Месторождения, связанные с доломитизированными известняками, отличаются незначительными размерами.

Типы асбестоносности

Во всех месторождениях хризотил-асбест образует жилы, в которых волокна асбеста располагаются преимущественно перпендикулярно стенкам трещин. В зависимости от строения жил и их расположения среди вмещающих пород различают пять типов проявления асбестоносности.

Простые отороченные жилы (рис. 1) залегают среди слабосерпентинизированных ультраосновных пород и имеют с обеих сторон полосы или оторочки плотного серпентина. Мощность

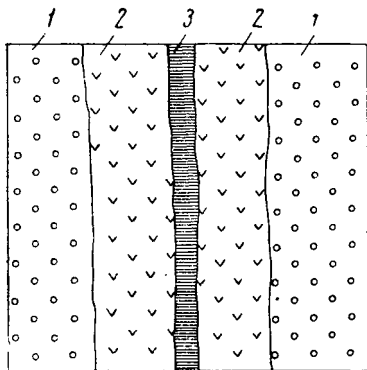


Рис. 1. Простая отороченная жила:

1 — перидотит, 2 — серпентинит,
3 — жила асбеста

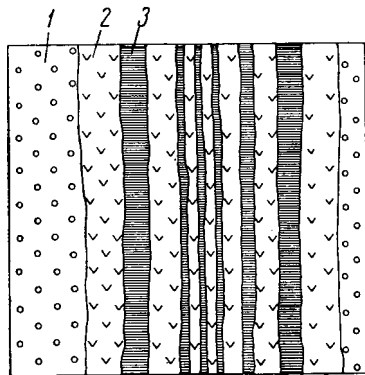


Рис. 2. Сложная отороченная жила:

1 — перидотит, 2 — серпентинит,
3 — жилы асбеста

оторочки на каждой стороне превосходит мощность жилы в 2,5—2,8 раза. Отороченные жилы в месторождении образуют петлеобразную сеть или простираются на десятки метров.

Эти жилы содержат длиноволокнистый асбест, однако общее содержание асбеста в рудной массе невелико (0,5—2%).

Сложные отороченные жилы (рис. 2) отличаются от простых тем, что здесь имеет оторочку не одна, а целая серия параллельных друг другу жил асбеста, разделенных прослойками массивного серпентинита (более крупные из них расположены по краям таких серий). Залегают такие жилы также среди перидотитов и часто совместно с простыми отороченными жилами.

Мощность сложных отороченных жил достигает 50—70 см. Они дают меньший выход длинного волокна, чем простые отороченные. Общее содержание асбеста в рудной массе составляет 2—4%, достигая на отдельных участках 10—12%.

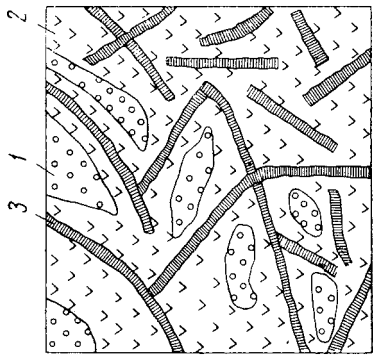


Рис. 3. Сетчатая асбестонос-
ность:
1 — перидотит, 2 — серпентинит,
3 — жилы асбеста

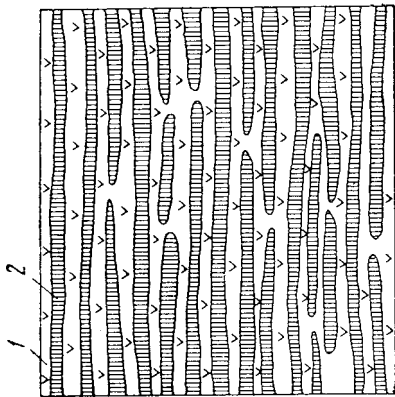


Рис. 4. Мелкопрожил:
1 — серпентинит, 2 — жилы асбеста

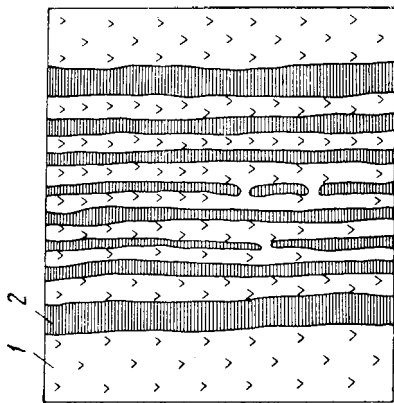


Рис. 5. Одиночная жила:
1 — серпентинит, 2 — жилы асбеста

Сетчатая асбестоносность (рис. 3) представлена жилами асбеста, которые пересекают серпентиниты и слабосерпентинизированные перидотиты по всевозможным направлениям, пересекая друг друга под различными углами, образуя сетку разной густоты. В зависимости от мощности жил и густоты сетки зону сетчатой асбестоносности разделяют на зону крупной сетки и зону мелкой сетки.

В зоне мелкой сетки волокно имеет длину до 12 мм, а в зоне крупной сетки до 20 мм. Содержание асбеста в рудной массе от 3 до 8%, на отдельных богатых участках достигает 15—20%.

Мелкопрожил (рис. 4) представляет собой серии параллельных друг другу жил асбеста примерно одинаковой небольшой мощности. Такие жилы пронизывают на большом протяжении довольно широкие полосы (до 12 м) серпентинитов. Расстояние между жилами асбеста колеблется от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров и даже дециметров. Длина волокон достигает 5—6 мм, но в среднем равна 1—3 мм. Содержание асбеста в рудной массе колеблется в пределах от 1 до 10—15%.

Одиночные жилы (рис. 5) имеют вид жилообразных полос серпентинитов, пронизанных расположенными параллельно друг другу жилками асбеста, и напоминают мелкопрожил или сложные отороченные жилы.

Мощность асбестоносных полос достигает 2 м. Содержание асбеста в таких полосах колеблется от нескольких процентов до 40—50%, но так как асбестоносные полосы находятся на значительном расстоянии одна от другой, то общее содержание асбеста в рудной массе этого типа асбестоносности 1,5—8%.

Продольноволокнистый хризотил-асбест заполняет трещины скольжения отдельных глыб серпентинитов. Содержание асбеста в рудной массе этого типа асбестоносности 1,5—8%.

В зависимости от вида проявления асбестоносности месторождения хризотил-асбеста, связанные с ультраосновными породами, подразделяются на три подтипа: Баженовский, Лабинский, Караевский.

Месторождения Баженовского подтипа характеризуются проявлением асбестоносности в виде простых и сложных отороченных жил, сетчатой асбестоносности и мелкопрожила, встречающихся совместно.

Рудные залежи представляют собой мощные тела (20—100 м), крутопадающие и протягивающиеся по простиранию на 100—2000 м. К этому подтипу относятся месторождения Баженовское, Красноуральское, Алапаевское, Джетыгаринское, Ильчирское и др.

Месторождения Лабинского подтипа характеризуются проявлением асбестоносности в виде одиночных жил. Мощность рудных полос колеблется от нескольких сантиметров до 2 м. К этому подтипу относятся месторождения Лабинское, Псянчинское и др.

Физические свойства горных пород Баженовского месторождения хризотил-асбеста

Порода	Объемный вес, т/м ³	Удельный вес, т/м ³	Пористость, %	Водопоглощаемость, %	Сжатие, кг/см ²	Растяжимость, кг/см ²	Срез, кг/см	Сила сцепления, т/м	Коэффициент сцепления, т/м ²	Угол внутреннего трения, град	Коэффициент трения
Перидотит плотный	2,73—2,80	2,98—2,82	1,8—3,15	0,34—0,05	1235—2601	50	—	120	43,8	45	1,0
Серпентинит плотный	2,93—2,50	2,97—2,62	1,4—4,93	0,17—1,1	657—2207	109—122	172	116	39,6	45	1,0
Серпентинит смятый	2,70—2,55	2,76—2,60	1,8	0,32	491—1133	50—86	86—117	65	24,1	45	1,0
Серпентинит рассланцованный	2,68—2,54	2,75—2,78	2,5	0,84	—	—	—	—	—	—	—
Диорит плотный	2,88—2,80	2,92—2,94	1,4	0,19—0,08	1237—3048	126—138	213—243	132	45,8	45	1,0
Тальковые породы	2,82	2,88	2,1	0,59	102—1082	51	—	51	18,1	45	1,0

Месторождения Карачаевского подтипа характеризуются проявлением асбестонности в виде продольноволокнистых жил. Рудные залежи имеют штоко- и линзообразную форму. Принципиальное строение залежи хризотил-асбеста Баженовского подтипа представлено на рис. 6, а в табл. 5 приведены физические свойства горных пород. Баженовского месторождения хризотил-асбеста.

Географическое расположение месторождений

В пределах СССР известно довольно большое количество месторождений хризотил-асбеста. Однако среди общего их количества промышленное значение в настоящее время имеют далеко не все.

По запасам хризотил-асбеста крупнейшим в мире является Баженовское месторождение, расположенное на восточном склоне Среднего Урала. На Южном Урале разведано Киембаевское месторождение, которое является новой крупной базой асбестовой промышленности. На территории Казахской ССР расположены Джетыгаринское и Ешке-Ульмесское месторождения.

В районах Восточной Сибири находятся месторождения Актыврацкое (Тувинская АССР) и Ильчирское (Бурятская АССР).

Кроме указанных месторождений в пределах Север-

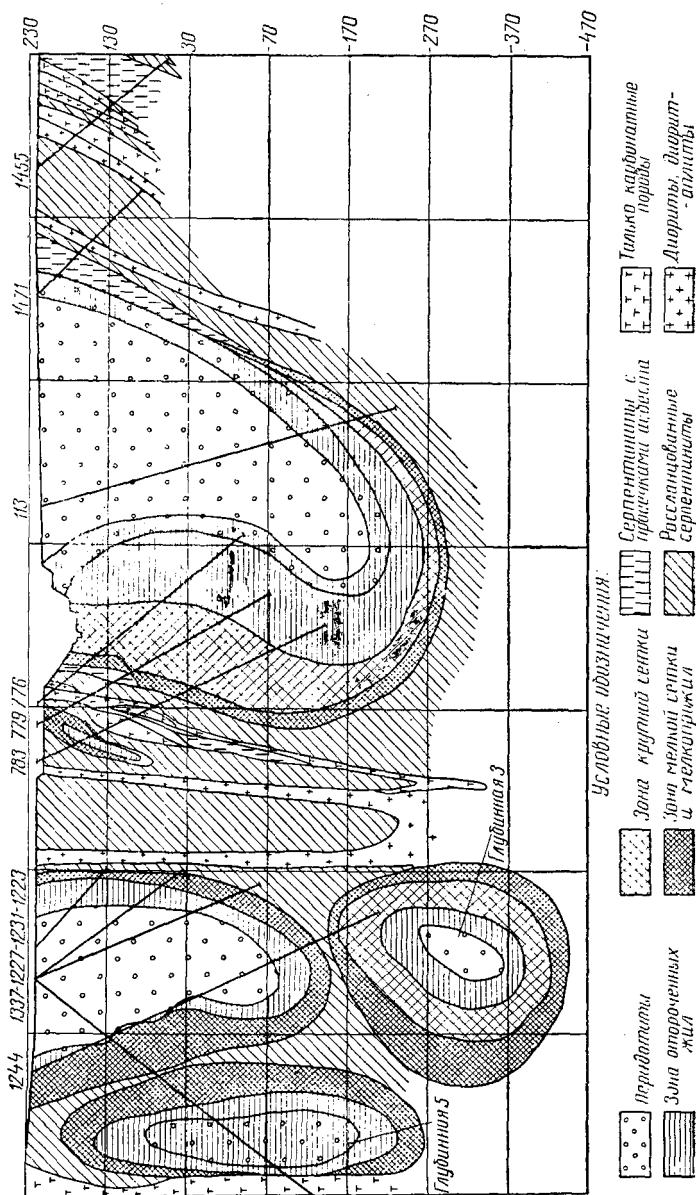


Рис. 6. Принципиальное строение залежи хризотил-асбеста Баженовского подгипа

ного Кавказа, Закавказья, Средней Азии, Урала, Восточной Сибири и Приморского Края находится ряд месторождений, имеющих местное значение.

За границей к числу крупных месторождений относятся месторождения в Канаде, Федерации Родезии, Южно-Африканской Республике.

§ 2. АМФИБОЛ-АСБЕСТ

Состав и свойства

Асбесты амфиболовой группы представляют собой волокнистые разновидности минералов, среди которых наиболее распространенными являются крокидолит, амозит, антофиллит, тремолит и актинолит.

Наибольшее промышленное значение имеют крокидолит, амозит и антофиллит.

Основным достоинством амфибол-асбестов является высокая кислотостойкость. Кислотоупорные свойства их по сравнению с малой кислотостойкостью хризотил-асбеста, возможно, объясняются тем, что молекулярное отношение кремнекислоты к основанию у амфибола равно приблизительно 1:1, а у хризотила 2:3.

Есть предположения, что, чем больше в асбесте MgO, тем выше точка его плавления, и чем больше в нем SiO₂, тем он кислотостойчее.

Химический состав асбестов амфиболовой группы приведен в табл. 6.

Таблица 6
Химический состав асбестов амфиболовой группы, %

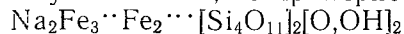
Окислы	Крокидолит	Амозит	Антофиллит	Тремолит
SiO ₂	53,48—55,06	47,04—50,24	51,0—59,0	52,0—59,0
Al ₂ O ₃	0,18—5,32	4,2—7,02	0,7—2,8	0,0—0,4
Fe ₂ O ₃	14,54—15,76	4,2—7,8	0,5—1,2	0,4—1,0
FeO	3,44—7,6	26,1—36,6	6,0—25,0	2,0—11,0
MgO	10,9—12,6	3,96—5,8	16,0—31,0	10,0—30,0
CaO	0,72—1,44	Следы—10,84	0,5—3,4	10,0—17,0
Na ₂ O	5,4—6,52	Следы—2,12	0,2—0,4	0,7—3,5
K ₂ O	0,23—0,7	—	0,2—0,4	0,7—3,5
Cr ₂ O	0,09—0,9	—	—	—
NiO	—	—	0,17—0,24	—
MnO	—	—	0,3—2,0	1,1—2,2
+ H ₂ O	0,72—2,31	1,05—3,0	2,3—2,6	0,2—3,5
— H ₂ O	2,32—2,5	0,35—0,45	—	—

Крокидолит-асбест* имеет синюю окраску с шелкови-

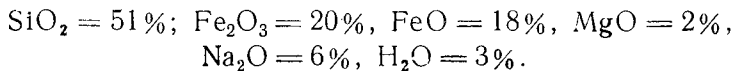
* В переводе означает пушистый камень; является волокнистой разновидностью минерала рибекита.

стым блеском. В распушенном виде волокно его сохраняет прежнюю окраску. Удельный вес 3,2—3,3. В процессе вторичных изменений (выветривание и т. д.) обесцвечивается и принимает желтоватые или бурые тона. Прорастание крокидолита кварцем называется «тигровым глазом». Крокидолит хорошо расщепляется на тонкие, гибкие и прочные волокна. Толщина их достигает 0,9—1,8 *мк*, а в среднем 1,2 *мк*.

По химическому составу крокидолит-асбест является натрово-железистым гидросиликатом. Химическая формула его точно не установлена, но примерно имеет следующий вид:



Среднее соотношение окислов:



По механической прочности он не уступает хризотил-асбесту и является наиболее прочным среди амфибол-асбестов.

Прочность на разрыв недеформированного волокна равна 330 *кг/мм²*, подвергнутого однократному излому 180 *кг/мм²*, скрученного на пять оборотов (при длине 3,5 *мм*) 160 *кг/мм²*.

При нагревании крокидолит-асбеста прочность его понижается. При температуре около 500° теряется конституционная вода и окисляется железо, что вызывает ослабление атомной решетки, при этом волокна буреют и легко растираются между пальцами. Температура плавления 930—1150°.

Крокидолит-асбест мало гигроскопичен и относительно жароустойчив. Длина волокон составляет в среднем 20 *мм*, достигая иногда 50 *мм* и более.

Амозит-асбест имеет очень длинные волокна в 100, 150 и даже 250 *мм*. Цвет его преимущественно пепельно-серый, буроватый, зеленоватый, реже белый. В распушенном виде волокно сохраняет окраску минерального агрегата.

По химическому составу амозит — водный железо-магнезиальный силикат, имеющий формулу $\text{H}_4\text{Mg}_5\text{Fe}_{18}\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{Si}_{25}\text{O}_{84}$.

Окисление закисного железа вызывает побурение волокна и ухудшение его качества.

Толщина волокна 0,7—0,2 *мк*. Несмотря на хорошо выраженную волокнистость амозита, он расщепляется значительно хуже, чем хризотил-асбест. Прочность на разрыв недеформированных волокон амозита равна 300 *кг/мм²*; у волокна, подвергнутого однократному излому, 70 *кг/мм²*. Скручивания на пять оборотов при длине 3,5 *мм* амозит не выдерживает. При нагревании меняется состав амозита и его механические свойства ухудшаются. Температура плавления 1100—1200°.

Антофиллит-асбест — водный магнезиальный силикат, имеющий химическую формулу $(\text{Mg}, \text{Fe})_7[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$.

Удельный вес его 3,02. По сравнению с хризотил-асбестом антофиллит расщепляется значительно хуже. Механическая проч-

ность его также ниже и примерно равна хризотил-асбесту пониженной прочности. Деформация волокна снижает его первоначальную прочность в 2—5 раз. Прочность недеформированного волокна антофиллита 138—263 кг/мм², прочность волокна, подвергнутого одному излому, равна 68—139 кг/мм², подвергнутого трем кручениям, 23—52 кг/мм², пяти кручениям, 19—41 кг/мм².

Из всех минералов группы амфибол-асбеста он наиболее кислотостоек. Даже прокаливание при 900° не изменяет этого ценного свойства. Антофиллит стоек и по отношению к щелочам.

Прочность волокна, обработанного при температуре 80° в 25% -ных растворах кислот в течение суток, равна: в соляной кислоте 229 кг/мм², в серной — 228 кг/мм², в азотной — 201 кг/мм², и в течение пяти суток соответственно равна 184, 175 и 166 кг/мм².

Длинные цельные волокна антофиллит-асбеста встречаются редко. Он содержит мало адсорбционной воды, а конституционная выделяется при температуре около 1000°. Снижение прочности при нагревании в интервале 400—600° объясняется ослаблением решетки из-за окисления закисного железа. Температура плавления его 1300°. С повышением содержания железа повышается температура плавления и увеличивается удельный вес минерала.

Тремолит- и актинолит-асбесты — это кальциево-магниево-магний гидросиликаты, имеющие химическую формулу $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$, причем магний частично в той или иной мере замещен двухвалентным железом.

По химическому составу актинолит является железистой разновидностью тремолита. Содержание FeO в активолите обычно колеблется в пределах 6—13%.

Тремолит обычно имеет серебристо-белый цвет, при повышенном содержании железа приобретает зеленоватый оттенок.

Пучки тремолит- и актинолит-асбеста достигают в длину 500 мм, но образованы они из налегающих друг на друга коротких волокон.

Волокна тремолита и актинолита хрупки и мало прочны. Удельный вес колеблется в пределах 2,85—3,14. Адсорбционная вода удаляется при низких температурах, а конституционная — при высоких. Температура плавления тремолита и актинолита около 1250°.

Месторождения амфибол-асбеста

Месторождения наиболее ценных разновидностей амфибол-асбеста-крокидолита и амозита известны в Южной Африке — в Капской провинции и в северо-восточном Трансваале, где они приурочены исключительно к своеобразным железисто-кремнистым осадочным породам, в которых крокидолит и амозит образуют серию поперечноволоконистых прожилков различной мощности.

Месторождения антофиллит-асбеста связаны с серпентинита-

ми и талькокарбонатными породами, являющимися продуктом метаморфизма ультраосновных пород. Рудные залежи представляют собой неправильной формы штокообразные и линзообразные тела с резко колеблющимися размерами и неясными постепенными переходами в неасбестоносные породы.

Асбестоносными являются антофиллит-талько-магнезитовые породы. Они занимают в пределах рудных тел отдельные неправильной формы участки, по простиранию и по мощности измеряются несколькими десятками метров.

Талько-магнезитовые породы, содержащие антофиллит, встречаются в виде двух разновидностей:

а) породы, в которых антофиллит-асбест представлен в виде пучковатых и столбчатых агрегатов с длиной волокна до 10 мм;

б) породы, в которых асбест представлен в форме радиально-лучистых (звездчатых) скоплений с длиной волокна до 1 мм. Породы, в которых асбест представлен в форме столбчатых агрегатов, являются промышленно более ценными как по общему содержанию асбеста, так и по длине волокна.

Породы в среднем содержат около 30% талька, 30% асбеста, 35% магнезита. Породы, содержащие антофиллит, окрашены в бурый цвет гидроокислами железа:

Глава II

ДОБЫЧА АСБЕСТОВЫХ РУД

Добыча асбестовых руд* в СССР производится открытым способом, широкое применение которого объясняется благоприятными горногеологическими условиями.

Вскрытие залежей осуществляется спиральными и тупиковыми съездами, проходящими как по висячему, так и по лежащему бокам месторождения.

Система разработки асбестовых месторождений — послынная выемка 10-метровыми уступами при ширине рабочей бермы 50—100 м.

Добыча асбестовых руд ведется двумя методами: без предварительного обогащения в карьере и с предварительным обогащением руд в карьерах. Применение того или иного метода добычи зависит от типа асбестоносности.

Добыча руд без предварительного обогащения производится механизированным путем с применением современной техники.

Бурение скважин для массового обрушения осуществляется станками ударно-канатного бурения БУ-2 и БС-1. В настоящее

* Термин «асбестовая руда» не может считаться вполне правильным, но получил широкое распространение благодаря своей краткости и заменить его в настоящее время практически невозможно.

время начато внедрение станков шарошечного бурения. Разделка негабаритных (свыше 800 мм) кусков осуществляется взрыванием мелких шпуров и накладными зарядами.

Погрузка взорванной рудной массы производится однокоровыми экскаваторами СЭ-3, ЭКГ-4, ЭКГ-8.

Благодаря значительной мощности отдельных зон асбестонности имеет место отдельная выемка руд по типам асбестонности.

Откатка руд и пустых пород осуществляется электрифицированным железнодорожным транспортом по колее 1524 мм.

Полезный вес каждого состава, состоящего из пяти-семи самопрокидывающихся вагонов грузоподъемностью по 50 т или четырех вагонов грузоподъемностью по 95 т, составляет 300—400 т. Тяговыми единицами являются главным образом электровазы 21-Е со сцепным весом 150 т.

Добыча руд с предварительным обогащением в забое производится в зонах крупной сетки и отороченных жил, содержащих основную массу длиноволокнистого асбеста. В этом случае уступ высотой 10 м разбивается на три подступа высотой 3—3,5 м каждый.

Рыхление рудной массы на подступах для облегчения разборки забоя производится взрыванием зарядов в мелких шпурах.

Разрыхленная рудная масса разбирается забойщиками вручную, которые путем отбойки отделяют длиноволокнистый асбест и куски руды с прожилками асбеста.

Отобранная руда классифицируется как «руда кускового асбеста», отборная I сорта и отборная II сорта.

Отходы после выборки указанных руд в зависимости от содержания в них асбеста используются как рядовая руда или направляются в отвалы бедных руд. Если же в отходах содержание асбеста незначительно, то они направляются в отвалы пустой породы.

Общий выход руд предварительного (вручную) обогащения составляет 4—6% всей добываемой руды в карьере, при выходе руды кускового асбеста 0,005—0,01%.

В настоящее время осуществляется переход на механизированную добычу высокосортных руд с применением массового обрушения при соответствующем изменении последующих операций обработки руды.

В процессе добычи асбестовых руд весьма важно сохранить природные свойства волокна и обеспечить возможно меньшую его распушку и засорение посторонними предметами, что легче осуществить при открытом способе ведения горных работ.

Поэтому для предупреждения засоренности руды в карьерах участки (блоки) руды, предназначенные для взрыва, тщательно очищаются от остатков вскрышного слоя и посторонних предметов.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРАКТИКЕ ОБОГАЩЕНИЯ АСБЕСТОВЫХ РУД

Своеобразные физические свойства асбеста и вмещающей его породы вызывают необходимость применять для его обогащения специальные процессы и оборудование.

Главное принципиальное отличие хризотил-асбеста от других полезных ископаемых состоит в том, что асбест и вмещающая порода имеют одинаковый химический состав, а также удельный вес и отличаются друг от друга только формой кристаллов.

Характерной особенностью асбеста является и то, что он представлен в породе волокнами различной длины.

Поскольку длина волокна определяет промышленную ценность асбеста, вопрос о том, какие волокна следует условно считать асбестом, а какие не следует, решается на основании требований потребляющей промышленности и технической возможности извлечения его в процессе обогащения, т. е. зависит от уровня развития техники в добывающей и перерабатывающей промышленности.

Поэтому вопрос об истинном содержании асбеста пока не разрешен и все определения базируются на применении стандартного метода анализа, специально разработанного для этой цели.

Вследствие волокнистой структуры асбеста результаты его ситового анализа имеют весьма условное значение.

При определении содержания асбеста в руде или в любом продукте обогащения в категорию асбеста попадает не только волокно промышленной длины, но и адсорбированная на нем пыль и непромышленный очень короткий асбест.

Все эти обстоятельства и ряд других факторов приводят к тому, что показатели, на которых основывается оценка эффективности обогащения других руд — содержание, выход, извлечение и т. п., применительно к асбесту имеют совершенно условное значение.

Для облегчения понимания сути явлений и процессов, связанных с обогащением асбеста, считаем полезным в самом начале книги дать перечень и краткое объяснение терминов и определений, принятых в настоящее время в асбестовой промышленности.

Геологическое содержание асбеста в руде и геологические сорта

При разведке месторождения содержание асбеста в руде и его сортность определяются обработкой геологической пробы (керн). Проба подвергается последовательно ряду операций дробления.

После каждой операции дробления проба просеивается на ситах с отверстиями размером 8; 6,3; 4; 2,8; 1,6; 0,5 и 0,25 мм.

Из оставшегося на каждом сите продукта с помощью щетки

отбирается свободное волокно, которое соответственно относится к определенному геологическому сорту:

Размер отверстий сит, мм	Сорт
8,0	I
6,3	II
4,0	III
2,8	IV
1,6	V
0,5	VI
0,25	VII

Сумма волокон всех геологических сортов дает общее геологическое содержание асбеста.

Лабораторное содержание и ситовый состав волокна асбеста в руде

Лабораторное содержание асбеста в руде определяется путем обработки горной пробы, взятой от исходной руды на фабрику.

При обработке горной пробы различают содержание свободного и скрытого волокна.

Свободным волокном ($\alpha_{св}$) считается такое, которое находится в пробе и не связано с вмещающей породой, а скрытым ($\alpha_{скр}$) — сохранившееся в отобранной пробе в природном виде в жилках и извлекающееся только после дробления пробы.

Сумма свободного и скрытого волокна дает общее лабораторное содержание асбеста в руде.

Ситовый состав извлеченного из пробы волокна асбеста (свободного и скрытого вместе) определяют путем анализа навесок 500 г на первом комплекте сит контрольного аппарата в соответствии с ГОСТ 7—60.

Контрольный аппарат представляет собой качающийся грохот с двумя комплектами сит. Второй комплект сит применяют только при оценке количества пыли в готовой продукции.

Первый комплект имеет сита с отверстиями 12,7; 4,8 и 1,35 мм.

В соответствии с этим принято считать: класс +12,7 мм — остаток на I сите; класс —12,7+4,8 мм — остаток на II сите; класс —4,8+1,35 мм — остаток на III сите и класс —1,35 — просев III сита.

Аналогичным образом определяется содержание и ситовый состав асбеста в промежуточных продуктах и в хвостах обогащения.

Условный прирост содержания асбеста в руде

В процессе дробления асбестовой руды на фабриках в зависимости от типа дробилки и стадии ее установки в технологической схеме имеет место некоторое, не одинаковое по величине увеличение лабораторного содержания асбеста в продукте дробления по сравнению с содержанием его в исходном продукте для дробления.

Это явление объясняется меньшей эффективностью вскрытия и подпушки короткого волокна лабораторными дробилками по сравнению с промышленными. Чем интенсивнее истирающее и до некоторой степени ударное действие дробилки промышленного размера, тем лучше вскрывается короткое волокно, не улавливаемое в процессе лабораторного анализа.

Малозэффективные лабораторные дробилки, освобождая волокно, хорошо сохраняют его текстуру, поэтому часть промышленного волокна в виде тонких иголок при лабораторном анализе уходит в просев сита с отверстиями 0,5 мм и не учитывается как асбест.

На величину повышения содержания асбеста в продукте после дробления в дробилке промышленного размера влияет также адсорбирование пыли на вскрываемом в процессе этого дробления волокне, что увеличивает его вес.

Дробилки, работающие на принципе раздавливания (щековые и валковые), не изменяют содержания асбеста.

Кроме того, в руде хризотил-асбеста кроме волокна, видимого невооруженным глазом, находящегося в руде в виде более или менее мощных жилок и определяемого методом горного анализа, имеется еще так называемое «волокно массы», представленное чрезвычайно тонкими прожилками в массе вмещающей породы и неопределимое применяемым методом горного анализа. Только эффективное истирающее действие промышленных дробилок обеспечивает вскрытие и распушку части этого волокна и приобщение его к промышленному волокну, что также влияет на величину условного прироста.

По данным И. Ф. Гергенредера, волокно, отдаваемое за счет «волокна массы», относится к самым низким сортам и не влияет на абсолютный выход асбеста, остающегося на I и II ситах контрольного аппарата, а влияет в основном на выход волокна короче 1,35 мм.

Таким образом получается, что в одинаковых по весу пробах одной и той же руды, взятых до и после дробления, во второй пробе весовое количество волокна определяется анализом большим, чем в первой пробе.

Отношение общего количества асбеста в продукте после дробления к общему количеству асбеста в продукте до дробления называется условным приростом содержания асбеста ($K_{\text{п}}$).

Пример. Общее количество асбеста в пробе руды до дробления (свободное и скрытое) 0,3 т. Общее количество асбеста в той же пробе руды после дробления (свободное и скрытое) 0,42 т.

$$K_{\text{п}} = \frac{0,42}{0,3} = 1,4 = 40\%.$$

Этот коэффициент используется для оценки работы дробилок в отдельных стадиях дробления.

Вскрытие волокна

В процессе дробления асбестовой руды происходит освобождение волокна из вмещающей его породы.

Степень освобождения волокна из породы в процессе дробления называется вскрытием волокна (K_v) и определяется как отношение количества вновь вскрытого волокна (без учета условного прироста) к количеству скрытого волокна в продукте до дробления.

Пример. Содержание асбеста в руде до дробления:	
общее	1,2 т
в том числе:	
свободное	0,4 „
скрытое	0,8 „
Содержание асбеста в руде после дробления:	
общее	1,4 т
в том числе:	
свободное	0,8 „
скрытое	0,6 „
Тогда	

$$K_v = \frac{0,8 - 0,6}{0,8} = 0,25 = 25\% .$$

Процент вскрытия волокна в процессе дробления колеблется в широком диапазоне и зависит от характера руды и эффективности дробильного аппарата.

Товарные сорта асбеста и их текстура

В результате обогащения асбестовой руды на фабрике получают товарные сорта асбеста, обусловленные ГОСТ 7—60 или техническими условиями.

Товарный сорт представляет собой смесь волокон различной длины, их агрегатов и некоторого количества сопутствующей породы.

Ситовый анализ пробы на контрольном аппарате и текстура, т. е. степень сохранности отдельных пучков и иголок асбеста, служат основной характеристикой товарного сорта хризотилового асбеста. При определении сортности готовой продукции анализ пробы производится на обоих комплектах сит контрольного аппарата.

Текстура асбеста определяется на специальном аппарате или на глаз, путем сопоставления отобранной пробы с эталонным образцом. При определении текстуры на аппарате проба весом 100 г разрыхляется в барабане при определенных стандартных условиях и высыпается в мерный цилиндр. О текстуре сорта судят по занимаемому объему в миллилитрах.

Товарные сорта асбеста хризотилового ниже шестого (седьмой и восьмой) оцениваются по объемному весу без анализа на контрольном и текстурном аппаратах.

Сортность асбеста антофиллитового определяется по анализу на контрольном аппарате и по растворимости пробы в химически чистой соляной кислоте с удельным весом 1,19.

Кроме ситового состава и текстуры при оценке сортности учитываются содержание пыли, гали, кусков, иголок и распушенного волокна.

Частицы сопутствующей асбесту породы и асбестовое волокно, прошедшие при анализе пробы на контрольном аппарате через сито с отверстиями размером 0,25 мм; условно называются «пылью».

Частицы сопутствующей асбесту породы, находящиеся в товарном сорте и остающиеся при анализе на сите с отверстиями, равными 0,25 мм, условно называются «галей». Причем содержание «гали» крупностью более 4,8 мм в товарных сортах не допускается.

Агрегаты асбеста с недеформированным волокном, имеющие в поперечнике не менее 2 мм, условно называются кусками асбеста, а агрегаты, имеющие в поперечнике менее 2 мм — иголками.

Асбест, в котором волокна деформированы и перепутаны между собой, называется распушенным.

Расчетное содержание асбеста в руде

Расчетное содержание асбеста в руде (α_p) определяется как отношение количества чистого асбеста (без пыли) в готовой продукции (по шести товарным сортам) и в хвостах к количеству переработанной руды.

Лабораторное содержание асбеста в руде и хвостах определяется до крупности волокна 0,5 мм, а в готовой продукции до 0,25 мм, поэтому сумма содержания асбеста в готовой продукции и в хвостах должна быть более лабораторного содержания асбеста в руде.

Следует отметить, что условный прирост содержания асбеста в процессе обогащения за счет волокна массы и адсорбирования пыли, а также за счет распушки иголок значительно влияет на увеличение количества асбеста по расчетным данным в сравнении с показателями лабораторного анализа в исходной руде.

При определении расчетного содержания асбеста в руде не учитываются седьмой и восьмой товарные сорта, которые, безусловно, содержат промышленный асбест, но определение его в готовой продукции ГОСТом не предусмотрено.

Расчетный коэффициент на лабораторное содержание асбеста в руде

Для определения некоторых технологических показателей процесса обогащения и оценки технологической схемы фабрики пользуются так называемым расчетным коэффициентом на лабораторное содержание асбеста в руде (K_p). Этот коэффициент опреде-

ляется как отношение расчетного содержания асбеста в руде к лабораторному:

$$K_p = \frac{a_p}{a_l}$$

Поправочный коэффициент на лабораторное содержание в руде волокна I и II сита контрольного аппарата

Длинноволокнистый асбест находится в руде в незначительном количестве и сильно рассредоточен, а вес отбираемых проб невелик, поэтому трудно получить представительную пробу по содержанию длиноволокнистого асбеста. Вследствие этого содержание длиноволокнистого асбеста в руде (I и II сита контрольного аппарата) по лабораторным данным всегда оказывается ниже фактического содержания его в товарных сортах.

На увеличение количества волокна I и II сит контрольного аппарата в товарных сортах в сравнении с лабораторными данными влияет также некоторая распушка волокна в процессе обогащения, в результате чего менее длинное волокно, подпушиваясь, задерживается при анализе на I или II ситах контрольного аппарата.

Показатель отношения количества волокна I или II сита контрольного аппарата, находящегося в товарных сортах, к количеству этого волокна в исходной руде, по лабораторным данным, называется поправочным коэффициентом на лабораторное содержание в руде волокна I или II сита (K_c).

Коэффициенты ВИМС*

При разведке сортность асбеста в руде определяется в геологических сортах.

Каждый геологический сорт представляет собой волокно определенного диапазона крупности; для каждого сорта выведена средняя условная длина волокна путем расположения его штапелем. Средняя условная длина волокна геологических сортов (в миллиметрах) равна: I сорта — 15; II — 12; III — 8; IV — 5; V — 2,5 и VI — 1,5.

Товарные сорта асбеста, вырабатываемые фабрикой, оцениваются по анализу на контрольном аппарате, т. е. определяются соотношением остатков волокна на ситах.

Естественно, что при таком положении нет прямой связи между геологическими и товарными сортами.

Поскольку геологические сорта представлены чистым волокном, а товарные сорта содержат некоторое количество пыли, а также имеется условный прирост, то выход товарных сортов на фабрике всегда будет выше, чем содержалось геологических сортов в руде по анализу.

* ВИМС — Всесоюзный институт минерального сырья.

Для перехода от геологических сортов к товарным при оценке месторождения по возможному получению из него отдельных товарных сортов пользуются коэффициентами ВИМСа, которые определяются как отношение фактически полученного товарного сорта к количеству аналогичного геологического сорта в исходной руде.

Средняя запыленность товарных сортов

В товарных сортах асбеста (начиная с третьего) допускается содержание пыли для каждого сорта в количестве не выше норм, предусмотренных ГОСТом.

Средняя запыленность готовой продукции (II) подсчитывается по результатам ситового анализа на контрольном аппарате шести товарных сортов и представляет собой отношение средневзвешенного количества пыли во всех сортах к общему весу сортов.

Извлечение асбеста

Степень извлечения асбеста определяется как отношение количества асбестового волокна в шести товарных сортах к количеству асбеста в исходной руде по расчетным данным и выражается в процентах.

Глава IV

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА РУДЫ

§ 3. РУДА ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Кроме классификации по типам асбестоносности все руды хризотил-асбеста, поступающие на обогатительные фабрики, классифицируются по техническим условиям, в основу которых положено общее лабораторное содержание асбеста в руде и количество асбестового волокна верхнего сита контрольного аппарата в процентах.

Классификация руды хризотил-асбеста по техническим условиям: кусковая; отборная I сорта; отборная II сорта; дробленая обогатенная и необогатенная.

Руда кускового асбеста, отборные руды, а также дробленая обогатенная называются высокосортными рудами, а необогатенная — рядовой рудой.

Руда кусковая, идущая для выработки товарного кускового асбеста марки АК, должна удовлетворять следующим условиям: содержание асбеста не менее 75%, длина волокна не менее 18 мм, остаток волокна на I сите контрольного аппарата не менее 22%, содержание иголок и распушенного волокна не более 10% и кроме того волокно не должно иметь видимых невооруженным глазом просечек, т. е. включений минералов, пересекающих волокно асбеста.

Руда отборная I сорта, идущая в основном для выработки высших (текстильных) сортов товарного асбеста, должна иметь содержание асбеста не менее 20%, остаток волокна на I сите контрольного аппарата не менее 3% и на II сите не менее 25%.

Примечание. Недостающее количество волокна на II сите контрольного аппарата может быть компенсировано повышенным содержанием волокна на I сите контрольного аппарата.

Руда отборная II сорта, идущая для получения высоких и средних сортов товарного асбеста, должна содержать асбеста не менее 18% при минимально допустимом остатке волокна на I сите контрольного аппарата 0,2% и остатке волокна на II сите контрольного аппарата не менее 20%. Крупность кусков не более 150 мм.

Примечание. Отсутствие волокна на I сите контрольного аппарата в отдельных партиях руды не является браковочным признаком и может быть компенсировано повышенным остатком на II сите контрольного аппарата.

Руда дробленая обогащенная является продуктом ручного или механического предварительного обогащения.

Крупность кусков руды не более 50 мм. Как правило, эта руда имеет некоторое количество длиноволокнистого асбеста и обогащается или по схеме обработки высокосортных руд, или по схеме обработки рядовых руд, но отдельно от потока необогащенной руды.

Содержание асбеста в руде должно быть не менее 7%, остаток волокна на II сите контрольного аппарата — не менее 12%.

Руда необогащенная представляет собой в основном руду из зон мелкопрожила и мелкой сетки, поступающую для обогащения на фабрики рядовых руд. Из этой руды могут быть получены все сорта товарного асбеста, начиная со второго.

Крупность необогащенной руды допускается до 800—1000 мм в зависимости от размера дробилки первой стадии дробления на фабрике. Содержание асбеста в руде составляет 3—5%.

Нормы остатка волокна на II сите контрольного аппарата устанавливаются отдельно для каждой фабрики в зависимости от технологии обработки руды и от сортамента вырабатываемой ею продукции. Остаток волокна на III сите контрольного аппарата принимается не менее 50%. Содержание влаги в руде обычно не превышает 7%.

Руды, поступающие на фабрики, не должны быть засорены посторонними предметами (дерево, металл и др.).

§ 4. РУДА АНТОФИЛЛИТ-АСБЕСТА

Руда антофиллит-асбеста вследствие специфичности асбестоносности и особых условий залегания на отдельные сорта не подразделяется, а после селективной добычи в карьере подается на

фабрику при среднем лабораторном содержании асбеста 6—8% и с остатком волокна на II сите контрольного аппарата 1,5—3%.

Глава V

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АСБЕСТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Асбест был известен человеку еще в древние времена.

Первое применение асбеста относится к временам древней Иудеи (1300 лет до н. э.) и древней Греции (390—305 гг. до н. э.).

Историю развития асбестовой промышленности можно условно разделить на два периода: первый от момента открытия и изучения асбеста до перехода к массовой добыче и выработке асбестовых изделий.

Второй, современный период, начинается с 1880 г. и характеризуется тремя этапами развития асбестовой промышленности, различающимися по состоянию техники, выпускаемой продукции и степени эксплуатации месторождений.

На первом этапе развития, продолжавшемся 10—15 лет, разрабатывались только те участки, которые были представлены длинноволокнистым асбестом.

Добыча и обогащение осуществлялись исключительно вручную, поэтому извлечение асбеста было крайне низким. Добытая руда разделялась на пустую породу и кусковой асбест путем отбойки молотком.

Отобранный кусковой асбест сортировался по длине волокна на два-три сорта, а вся остальная часть руды, содержащая короткое волокно и волокно средней длины, а также отходы сортировки, считалась отвальным продуктом.

Кусковой асбест применялся для производства текстильных изделий.

Второй этап развития начинается с середины 90-х годов прошлого столетия и характеризуется внедрением в практику приемов механического обогащения, расширением сортамента продукции за счет извлечения короткого волокна и средней длины, получивших разнообразное применение в промышленности.

Третий этап развития отражает современное состояние промышленности и связан с исключительным ростом потребления асбеста.

Непрерывно растущее потребление асбеста оказало положительное влияние на развитие его добычи и обогащения в главных мировых центрах: Россия (1720 г.), Южная Родезия (1909 г.), Канада (1878 г. *). Эти асбестодобывающие районы и определили характер развития асбестовой промышленности.

В настоящее время добыча руды почти полностью механизирована. Обогащительные фабрики оснащаются мощным и современным оборудованием, они способны обогащать руды с более низким

* Год открытия месторождения.

природным содержанием асбеста, чем раньше, и вырабатывать широкий ассортимент продукции.

Выработка товарных сортов асбеста за период с 1948 по 1958 г. по отдельным странам мира приведена в табл. 7.

История развития этой отрасли промышленности в России начинается с 1720 г., когда невьянский крепостной крестьянин Сафрон Согра нашел асбест в районе реки Тагил (Урал).

«Горный лен», или «каменная куделька», как тогда называли асбест, благодаря своим ценным свойствам заслуженно получил мировую известность.

Большую роль в развитии производства асбеста сыграло открытие в 1885 г. Ладыженским Баженовского месторождения хризотилового асбеста на Урале.

После Великой Октябрьской социалистической революции началось бурное развитие производства асбеста в СССР. Переход на массовую добычу руд мощными экскаваторами, введение паровозного, а затем электровозного транспорта обусловили широкое развитие техники обогащения асбеста. Одновременно с реконструкцией рудников была произведена полная реконструкция старых обогатительных фабрик, что дало возможность увеличить выпуск продукции и улучшить показатели обогащения. Параллельно с этим построены мощные фабрики с более совершенной технологией.

Кроме предприятий основного Баженовского месторождения хризотил-асбеста в ближайшие годы вступают в строй предприятия на Джегыгаринском, Актовракском, Киембаевском и других месторождениях.

Глава VI

ОБОГАТИМОСТЬ АСБЕСТОВЫХ РУД

Выбор схемы технологического процесса и конечные результаты обогащения зависят от свойств исходной руды. На выход и качество продуктов обогащения влияют минерало-петрографический состав, механические свойства породы, вмещающей асбест, тип асбестоносности, общее содержание асбеста в руде, сортность (длина) волокна, степень сцепления прожилков асбеста с вмещающей породой, способность минеральных агрегатов волокна к расщеплению и наличие вредных примесей.

Руды различных залежей и участков месторождения независимо от общего содержания в них асбестового волокна и его сортности не являются равноценными по обогатимости. Даже в одном и том же месторождении встречаются руды, требующие различных схем и приемов обогащения.

Фабрика, работающая с хорошими показателями на руде одной залежи, может давать неудовлетворительные результаты на руде другой залежи.

По способности руд освобождать (вскрывать) асбестовое во-

Выработка товарных сортов асбеста по отдельным странам мира, тыс. т

Страна	1948— —1952 гг. (в среднем)	1953 г.	1954 г.	1955 г.	1956 г.	1957 г.
Канада	740 000	—	837 900	963 400	923 400	950 800
США	41 500	50 000	43 200	40 500	37 500	39 600
<i>Южная Америка</i>						
Аргентина	233	—	—	180	216	200
Боливия (экспорт) . .	255	735	30	—	56	110
Бразилия	1 208	1 230	2 550	2 900	3 380	3 000
Чили	205	—	—	—	—	—
Венесуэла	250	168	675	1 600	4 560	7 000
<i>Европа</i>						
Финляндия	11 050	11 000	7 120	17 000	7 550	9 400
Франция	4 904	10 300	13 200	9 900	8 500	14 000
Греция	21	—	1	2	5	—
Италия	20 000	21 000	23 500	30 200	33 200	34 300
Португалия	250	95	27	51	31	27
Испания	40	—	160	—	—	—
<i>Азия</i>						
Кипр	13 900	15 000	13 900	14 000	14 000	12 100
Индия	370	730	395	1 420	1 250	602
Иран	11	—	—	100	35	50
Япония	5 000	4 100	6 260	6 300	9 000	12 200
Турция	156	—	45	235	577	—
<i>Африка</i>						
Бегуаналенд	103	500	660	1 295	1 230	1 150
ОАР (Египетская часть)	664	200	—	—	—	—
Кения	436	150	203	148	154	99
Мальгашская респуб- лика	5	7	—	—	—	—
Марокко (Южная зона)	496	545	542	575	344	120
Мозамбик	5	—	178	273	183	68
Федерация Родезия и Ньясаленд	69 950	80 000	72 400	96 000	108 000	120 000
Свезиленд	308 000	27 300	27 400	29 600	27 100	27 900
Уганда	—	—	1	1	1	—
Южно-Африканская республика	81 000	86 000	99 000	109 000	124 000	143 000
Австралия	2 280	5 050	4 800	5 500	8 950	13 000
Новая Зеландия	312	—	—	156	334	300
Итого	1 025 399	1 141 110	1 152 247	1 336 926	1 315 156	1 390 226

локно и давать условный прирост общего содержания асбеста в условиях промышленной обработки они могут быть разделены по классификации горного инженера И. Ф. Гергенредера на три следующих характерных технологических класса.

Руды I класса (рис. 7) по геологическим признакам относятся к рудам явно выраженного сетчатого типа асбестоносности, при этом сетчатый тип может быть выражен в форме крупной, мелкой и мельчайшей сетки, причем мельчайшая сетка дает наивысшие показатели по условному приросту общего количества асбеста и по вскрытию волокна.

По минералогическому признаку и структуре асбестоносной породы руды I класса относятся к чисто хризотилowym и антигортитowym серпентинитам.

Руды I класса дают условный прирост содержания асбеста 1,5—1,8 и обладают высокими технологическими качествами. По дробимости и способности подвергаться избирательному дроблению эти руды занимают первое место среди всех классов руд.

Они отличаются равномерным приростом количества волокна и равномерным вскрытием его во всех стадиях дробления, что предопределяет высокую сохранность и более жесткую текстуру сортового асбеста, а также высокую степень извлечения.

Руды II класса (рис. 8) по типу асбестоносности представлены неявно выраженным сетчатым или переходным типом от сетчатого в мелкопрожил, иногда — сложными отороченными жилами. Отличаются разорванностью и разветвленностью прожилков асбеста. По минералогическому составу и структуре руды II класса менее однородны, чем руды I класса, они относятся к смешанным или чисто хризотилowym серпентинитам.

Коэффициент условного прироста асбеста составляет 1,2—1,4. По обогатимости, а также по своим технологическим качествам эти руды уступают рудам I класса.

Руды III класса (рис. 9) представлены ясно выраженным тонким мелкопрожилком. Прожилки асбеста ориентированы параллельно и отличаются правильными контактами. Разорванность и разветвленность прожилков наблюдается меньше, чем в рудах II класса.

Руды III класса имеют условный коэффициент прироста 1,0. По обогатимости и дробимости они стоят на последнем месте из-за их большой твердости и вязкости.

Из-за наличия в рудах кусков с острыми краями в процессе дробления они разрушающе действуют на освобожденное волокно, что отрицательно влияет на качество продукции.

Цвет породы не является отличительным признаком, и руды одного и того же класса могут иметь различную окраску.

Класс руды, тип асбестоносности, а также общее содержание асбеста в руде и сортировка волокна имеют решающее значение при промышленной оценке руды.

Между показателями удельного и объемного веса, пористости

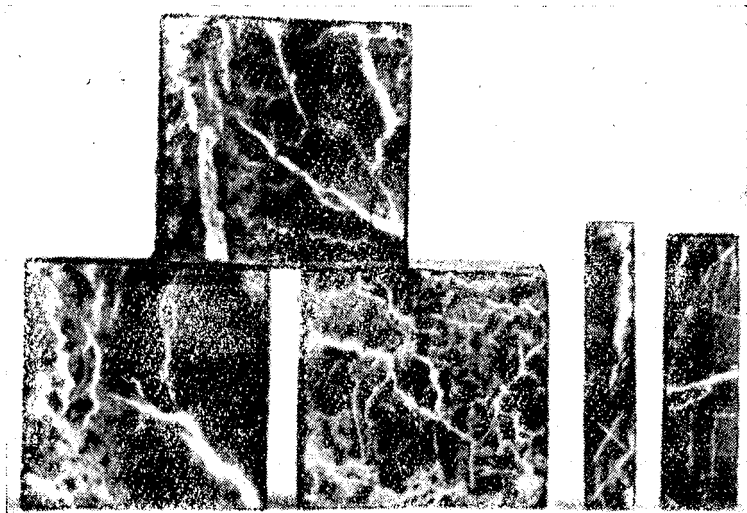


Рис. 7. Руда I класса

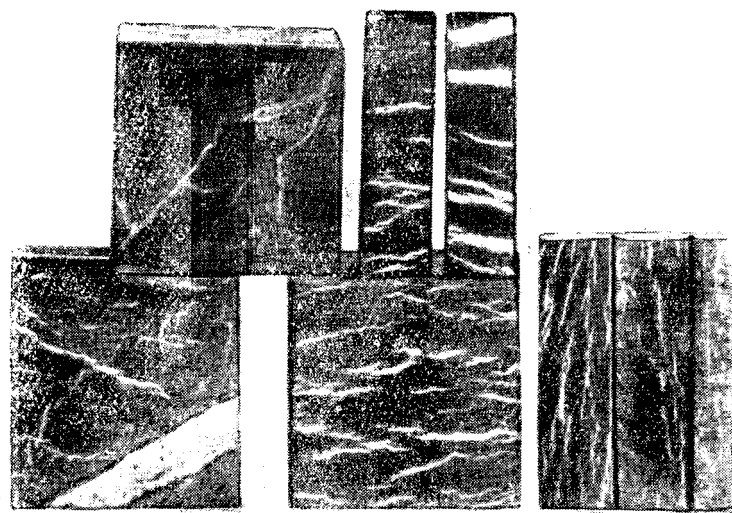


Рис. 8. Руда II класса

и механической прочности горных пород существует определенная зависимость, а именно: чем выше пористость, тем меньше механическая прочность. Величина пористости может характеризовать степень связанности волокна в агрегате асбеста и является важным технологическим признаком, так как ею определяется влияние качества руд на текстуру волокна товарного асбеста, чем можно руководствоваться при установлении режима сушки и технологического процесса обработки руды.

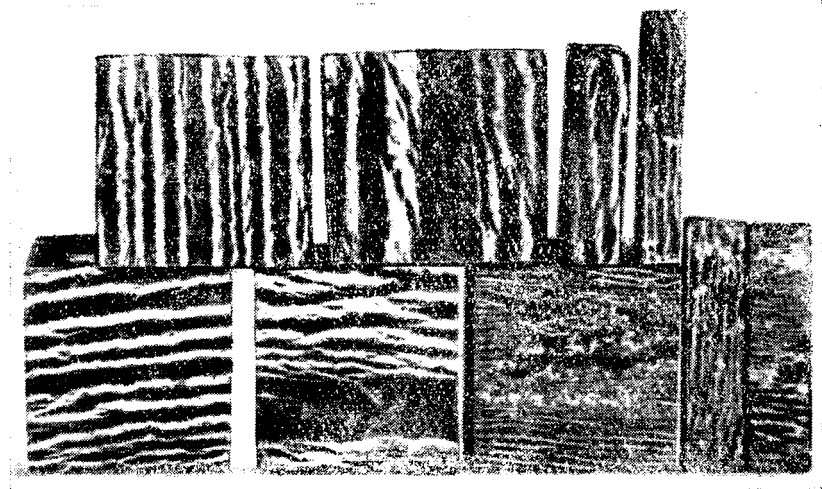


Рис. 9. Руда III класса

Твердость асбестовых руд колеблется в значительных пределах. Между твердостью, минерало-петрографическим составом и характеристикой дробимости существует определенная зависимость. Все руды типа хризотилowych серпентинитов имеют меньшие показатели твердости, чем руды смешанного типа серпентинитов (хризотилowych и антигоритowych).

Для руд мелкопрожильного типа характерными являются показатели удельной работы удара, который в направлении, перпендикулярном к жилам асбеста, меньше удара в направлении, параллельном жилам асбеста. При дроблении таких руд раскол получается преимущественно вкрест жилкам асбеста. Этот же тип руд характеризуется большой прочностью на контакте асбестовых жил по сравнению с прочими рудами, что является для них характерным отрицательным технологическим признаком, так как для освобождения волокна из породы требуется особо сильное и интенсивное дробление, что разрушающе действует на асбестовое волокно.

Все руды независимо от класса обогатимости проявляют спо-

способность к избирательному дроблению, но бóльшую способность к этому проявляют руды I класса, что повышает их технологические качества. Это влияние заключается в том, что асбестовое волокно, отделяемое при дроблении от кусков породы, освобождается и при дальнейшем грохочении дробленого продукта концентрируется в мелких классах, повышая общее содержание асбеста в подрешетном продукте.

Указанная классификация асбестовых руд с учетом геологических, минералогических, петрографических и механических признаков, безусловно, требующая еще уточнения, имеет большое практическое значение и должна учитываться при решении вопросов рациональной эксплуатации месторождений, а также при проектировании и эксплуатации асбестообогатительных фабрик.

Перед выбором схемы и аппаратуры для обогащения необходимо изучение руд, подлежащих обогащению.

Всесгоронное изучение асбестовых руд необходимо не только для улучшения промышленной оценки руд, но и для разрешения задачи использования громадного количества отходов обогатительных фабрик в виде мелкораздробленной породы с примесью короткого волокна и асбестовой пыли.

Систематическое опробование и исследование руд, поступающих на фабрику, и сравнение результатов исследований с результатами обогащения дает возможность правильно вести технологический процесс и совершенствовать его.

Глава VII

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОБОГАЩЕНИЯ АСБЕСТОВЫХ РУД

Физические свойства асбеста и включающих его пород многообразны, поэтому почти все методы обогащения полезных ископаемых, известные в современной технике, могут быть с бóльшим или меньшим успехом применимы к обогащению асбестовых руд, но при этом необходимо:

а) сохранить природную длину и текстуру волокна, т. е. предотвратить укорачивание волокна и чрезмерную распушку;

б) обеспечить максимальное извлечение асбестового волокна из руды;

в) освободить асбестовые волокна от гали и пыли, а также от случайных посторонних включений;

г) получить достаточно однородные по длине волокна сорта товарного асбеста.

Получение товарных сортов асбеста представляет собой почти полностью механизированный процесс и лишь незначительное количество асбестовых руд благодаря некоторой их специфичности обрабатывается с частичным применением ручного труда.

Несмотря на принципиальную возможность применения различных методов извлечения асбеста из руды, лишь немногие из

них получили практическое применение. Обогащение асбестовой руды в основном производится сухими гравитационными способами: отсасыванием, сепарацией и частично методом обогащения на наклонных плоскостях.

§ 5. ОБОГАЩЕНИЕ ОТСАСЫВАНИЕМ

Обогащение отсасыванием основано на различии объемных весов распушенного асбестового волокна ($0,5 \text{ г/см}^3$) и плотных зерен сопутствующей породы ($2,5 \text{ г/см}^3$) и вследствие этого — на различии скоростей витания указанных компонентов.

Принцип обогащения отсасыванием (рис. 10) заключается в следующем.

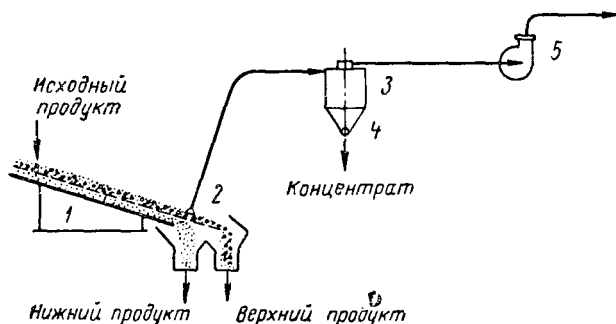


Рис. 10. Принципиальная схема обогащения отсасыванием:

1 — грохот, 2 — воздухоприемник, 3 — циклон, 4 — разгрузитель, 5 — вентилятор

Руда после крупного и среднего дробления и сушки, с влажностью не более 2% подвергается многостадийному мелкому дроблению, в результате которого асбестовое волокно освобождается от породы и частично распушивается, а сопутствующая порода остается в виде мелких кусков и зерен.

Вскрытое в каждой стадии асбестовое волокно должно быть сразу же выделено из массы руды, чтобы сохранить его природную длину и текстуру от разрушения в следующих стадиях дробления. Эта цель вызывает необходимость постепенного вскрытия волокна путем применения нескольких последовательных операций дробления.

Скоростью витания называют такую скорость воздушного потока, при которой твердые частицы находятся во взвешенном состоянии в вертикальном воздушном потоке.

Следует учесть, что из-за наличия в дробленой руде зерен и волокон с одинаковой скоростью витания они будут извлекаться вместе в виде так называемого черного концентрата.

Обогащение отсасыванием производится на грохотах или в воздушно-проходных сепараторах.

На наклонных грохотах, совершающих возвратно-поступательное движение с небольшой амплитудой и сравнительно высокой частотой колебаний, раздробленная руда при движении от верхнего загрузочного конца к нижнему разгрузочному стратифицируется. При этом волокно, как более легкое, «всплывает» в верхний слой, а зерна породы, как более тяжелые, сосредотачиваются в нижнем.

Асбестовое волокно, всплывающее на верх рудного потока, извлекается с грохота воздушной струей с помощью воздухоприемника и транспортируется в циклоны, где и осаждается.

Оставшиеся на грохоте продукты, представленные в основном зернами руды и породы, поступают в следующую стадию дробления.

При обогащении в воздушно-проходном сепараторе черновые концентраты извлекаются продуванием относительно тонкого слоя падающей дробленой руды. Воздушный поток, несущий черновой концентрат, транспортируется по трубам в циклоны, где и освобождается от взвешенных в нем частиц.

Транспортирование извлеченного концентрата по трубам осуществляется движением воздушного потока, создаваемого вентилятором.

Лучшее извлечение асбеста при минимальном захвате частиц породы происходит при условии, если скорость воздуха в воздухоприемнике будет больше скорости витания асбеста и меньше скорости витания породы.

Практически при витании тело не находится в покое, а колеблется около некоторого равновесного положения. Колебания будут тем меньше, чем ближе тело по своей форме приближается к шару.

Скорость витания v_s можно определить по формуле

$$v_s = K\sqrt{\gamma d}, \text{ м/сек},$$

где K — коэффициент, зависящий от формы тела, состояния поверхности и т. д., принимаемый в среднем равным 4,7;

γ — удельный вес материала;

d — диаметр зерна, мм.

По данным Г. В. Жуковского, для расчета скорости витания асбеста можно принять $K=3$. Тогда формула примет вид

$$v_s = 3\sqrt{\gamma d}.$$

Приведенная формула пригодна для расчета скорости витания асбестового волокна жесткой и мягкой текстуры.

Скорость витания асбестового волокна зависит от его длины, толщины, текстуры и находится в пределах 6—8 м/сек, скорость воздуха в трубопроводе принимается в 2,5—3 раза больше.

Скорость витания зерен округленной формы выше скорости витания зерен продолговатой и плоской формы.

С увеличением размера зерен скорость витания увеличивается. Наиболее трудно происходит отделение волокна от породы в мелких классах (1—0 мм), так как скорости витания породы и волокна сближаются.

Поскольку одной и той же скорости витания соответствуют зерна породы и волокна, то их следует характеризовать произведением $d\gamma$, которое для породы составляет 5—12, а для асбеста 10—20, т. е. по этому признаку они отличаются друг от друга в 2 раза.

Отсюда следует, что при одинаковом удельном весе породы и асбеста удовлетворительное разделение достигается тогда, когда диаметр кусков породы будет в 2 раза меньше диаметра волокон асбеста (если считать по равновеликому шару).

Процесс извлечения протекает более эффективно с применением узкой шкалы классификации исходного продукта перед обогащением.

Зависимость расхода воздуха, проходящего через воздухоприемник, от скорости воздушной струи у поверхности сита грохота выражается формулой

$$A = 3,6 v (h^2 + 0,1F), \text{ м}^3/\text{ч},$$

где A — расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

v — скорость воздуха у поверхности сетки грохота, $\text{м}/\text{сек}$;

h — расстояние воздухоприемника от поверхности сетки, см ;

F — площадь воздухоприемника, см^2 .

Практически эта величина корректируется тем, что весовое соотношение воздуха и транспортируемого им твердого продукта не должно превышать 1:0,3.

Операция очистки черновых концентратов от содержащихся в них зерен породы гали и сростков асбеста с вмещающей породой («обезгаливание») производится на таких же плоских качающихся грохотах с отсасыванием. При этом режим работы грохота несколько иной, так же как и регулируемый режим отсасывания. При извлечении черновых концентратов отсасывание регулируется таким образом, чтобы максимально извлечь из руды все свободное волокно независимо от того, насколько масса волокна будет засорена галей.

При обезгаливании черновых концентратов отсасывание регулируется таким образом, чтобы максимально освободиться от гали, допуская при этом даже некоторую временную потерю свободного волокна в верхнем продукте грохота.

Как правило, для одного и того же потока черного концентрата производятся две-три операции обезгаливания.

Заключительными операциями процесса являются обеспыливание и классификация обезгалинных промежуточных концентратов на товарные сорта.

Достоинствами обогащения отсасыванием являются: высокая механизация процессов, сравнительно высокая степень извлечения

волокна и возможность обработки руд с низким содержанием асбеста.

К недостаткам данного способа относятся:

большие удельные расходы воздуха на тонну перерабатываемой руды и в связи с этим значительная сложность и громоздкость всего воздушного хозяйства фабрик;

некоторое снижение природных качеств волокна;

сложность классификации волокна на товарные сорта;

необходимость использования большого количества машин для извлечения короткого волокна и его последующей очистки.

§ 6. ОБОГАЩЕНИЕ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВОЗДУШНЫХ СЕПАРАТОРАХ

Для извлечения черновых концентратов применяют центробежные воздушные сепараторы различных конструкций.

Процесс разделения в сепараторах происходит в основном за счет частичного расслоения руды, разбрасываемой с быстровращающегося диска и сообщаемого центробежную силу и соответственно различные скорости с одновременным продуванием этого веера замкнутым воздушным потоком внутри сепаратора.

На частицу в сепараторе действуют следующие силы (рис. 11): центробежная T , сила тяжести Q и динамическое давление струи воздуха P .

1. Центробежная сила выражается величиной

$$T = \frac{mv^2}{r},$$

где m — масса тела (частицы);

v — скорость по окружности диска;

r — радиус диска.

Масса тела и скорость вращения диска соответственно определяются:

$$m = \frac{\pi d^3}{6} \gamma; \quad v = \frac{2\pi r n}{60},$$

где d — средний диаметр зерна, мм;

γ — удельный вес зерна;

n — скорость вращения диска, об/мин.

Таким образом, центробежная сила

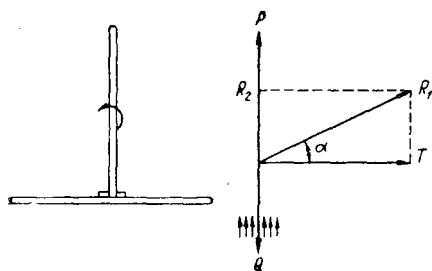


Рис. 11. Схема действующих сил в центробежном воздушном сепараторе

$$T = \frac{\pi d^3 \gamma \pi^2 r^2 n^2}{900} = \frac{\pi^3 d^3 \gamma r n^2}{5400} = \frac{d^3 r \gamma n^2}{174}, \text{ дин.}$$

2. Сила тяжести

$$Q = m g_0,$$

где g_0 — ускорение частицы в среде;

$$g_0 = \frac{\gamma - \Delta}{\gamma} g,$$

где Δ — плотность воздуха;

g — ускорение силы тяжести.

Плотность воздуха $\Delta = 0,00123$ при давлении 760 мм рт. ст. и температуре 15°; тогда

$$Q = \frac{\pi d^3}{6} (\gamma - \Delta) g.$$

3. Динамическое давление струи воздуха

$$P = \psi d^2 u^2 \Delta,$$

где ψ — коэффициент сопротивления воздуха;

u — скорость движения струи воздуха.

При этих условиях сила тяжести будет иметь подчиненное значение по сравнению с центробежной силой и силой динамического давления воздуха, поэтому ею пренебрегают при определении равнодействующей силы R_2 и направления R_1 движения частицы

В этом случае угол α наклона к горизонту равен

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{T} = \frac{174 \psi d^2 u^2 \Delta}{r n^2 d^3 \gamma} = 174 \frac{\psi u^2 \Delta}{r n^2 d \gamma}.$$

Из этой формулы следует, что угол отклонения частицы от горизонта будет тем больше, чем больше скорость струи воздуха, и тем меньше, чем больше размер зерна и больше его удельный вес.

§ 7. ОБОГАЩЕНИЕ В ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕПАТОРАХ

Отделение свободного волокна в пневматическом сепараторе происходит в результате пересечения под определенным углом равномерно распределенного рудного потока струей воздуха. Но если на грохоте и в центробежных сепараторах рудный поток перемещается почти горизонтально, а воздух чаще всего движется вертикально, то в пневмосепараторе наоборот: руда движется по вертикали, а воздушный поток по горизонтали (рис. 12).

При падении в пневмосепараторе одного зерна d на него действуют силы динамического давления воздуха

$$P = \psi d^2 u^2 \Delta \text{ и тяжести } Q = mg,$$

где ψ — коэффициент сопротивления;
 d — диаметр частиц, см;
 u — скорость движения струи воздуха, см/сек;
 Δ — плотность воздуха, г/см³;
 m — масса частицы, г;
 g — ускорение силы тяжести, см/сек².

По мере удаления частиц от стенки камеры, вдоль которой они падают и через отверстия в которой продувается воздух, они теряют свою скорость.

При этом сила P , с которой воздух воздействует на частицы породы и волокна, уменьшается пропорционально квадрату снижения скорости.

Равнодействующая сила R и Q определится тангенсом угла α .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Q}{P} = \frac{Q}{\psi d^2 u^2 \Delta};$$

$$Q = \frac{\pi d^3 \gamma}{6} g,$$

где γ — удельный вес зерна.
 Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi d \gamma g}{6 \psi u^2 \Delta}.$$

Из формулы следует, что при одинаковом удельном весе зерен угол α будет зависеть от их диаметра, т. е. угол будет тем больше, чем больше диаметр зерна. Таким образом, зерна породы будут проходить воздушный поток, а волокна асбеста, имеющие меньший угол, будут увлекаться струей воздуха.

На практике это явление происходит значительно сложнее. Для достижения наиболее эффективной работы пневмосепаратора и более полного извлечения волокна скорость воздушной струи

$$u_b = kv_b,$$

где u_b — скорость воздушной струи при пересечении потока руды, м/сек;

k — коэффициент, зависящий от весовой концентрации μ твердых частиц в воздухе (табл. 8);

v_b — скорость витания наиболее твердой частицы, м/сек.

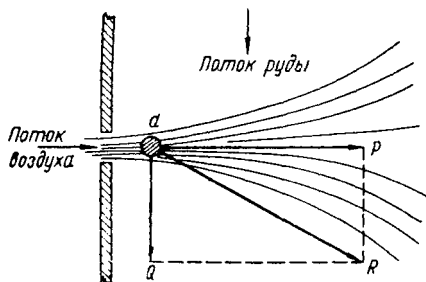


Рис. 12. Схема действующих сил в пневматическом сепараторе

Зависимость коэффициента k от μ

μ	До 1.0	1—2	2—10	10—15	15
k	1,25—1,3	1,35—1,5	1,5—2,0	2,0—2,5	2,5—3,0

Скорость витания частиц (v_b) в воздухе приблизительно равна скорости свободного падения ее в той же среде;

$$v_b = v_0 = 30\,300d^{2\delta}, \text{ см/сек.}$$

Весовая концентрация μ воздушной смеси определяется по формуле

$$\mu = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{в}}},$$

где $Q_{\text{п}}$ — количество волокна и тонких частиц породы, кг/ч;
 $Q_{\text{в}}$ — весовой расход воздуха, кг/ч.

$$Q_{\text{в}} = V_{\text{в}}\Delta, \text{ кг/ч,}$$

где: $V_{\text{в}}$ — объем воздуха, расходуемого в пневмокамере, м³/ч;
 Δ — плотность воздуха (1,23 кг/м³).

Определив количество волокна и гали $Q_{\text{п}}$ и задавшись величиной μ , находим весовой расход воздуха

$$Q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{п}}}{\mu}, \text{ кг/ч.}$$

Зная общий расход воздуха v_b и скорость воздушного потока u , определяют необходимое сечение щели, через которую должен проходить воздух,

$$S_{\text{щ}} = \frac{V_{\text{в}}}{u}, \text{ м}^2.$$

§ 8. ОБОГАЩЕНИЕ НА НАКЛОННЫХ ПЛОСКОСТЯХ

Обогащение на наклонных плоскостях преимущественно применяется на небольших асбестообогатительных фабриках, где при незначительных энергозатратах обеспечивается отделение волокна от породы при сохранении природных его качеств.

Обогащение на наклонных плоскостях основано на различии коэффициентов трения и упругости чистого асбестового волокна, сростков волокна с зернами породы и зерен пустой породы.

Отделение волокна от породы происходит в период прохождения механической смеси волокна и породы по наклонной плоскости.

Коэффициент трения асбестового волокна и его агрегатов по железу равен 0,7—0,8, а пустой породы 0,3—0,5.

При движении смеси свободного асбестового волокна и зерен породы по наклонной плоскости первое медленно скользит и падает недалеко от нижней кромки плоскости.

Зерна породы, быстро скатываясь с плоскости, по инерции падают значительно дальше (рис. 13). Различие в величине сил трения скольжения волокна и трения качения зерен породы значительно меньше для руды мелких классов.

При крупности зерен руды и асбестового волокна менее 1 мм разница в трении почти исчезает и точного разделения волокна и породы не происходит.

Движение смеси частиц руды по наклонной плоскости происходит под действием силы тяжести. Если на плоскости (рис. 14), наклоненной под углом α , находятся две частицы a и b с различным коэффициентом трения, то для каждой из них можно определить соотношение сил при весе зерна P и коэффициенте трения φ .

Скорость движения частиц определяется формулой

$$v = \sqrt{2lg(\sin \alpha - \varphi \cos \alpha)}, \text{ м/сек},$$

где l — длина плоскости, м;
 g — ускорение силы тяжести, м/сек².

Эта скорость будет меньше для частицы, обладающей большим коэффициентом трения, и, наоборот, будет больше для частицы, обладающей меньшим коэффициентом трения. Следовательно, в момент достижения конца наклонной плоскости обе частицы с разными коэффициентами трения будут иметь разные скорости движения.

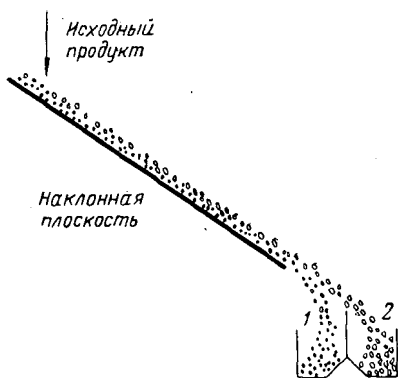


Рис. 13. Схема обогащения на наклонных плоскостях:
 1 — концентрат, 2 — хвосты

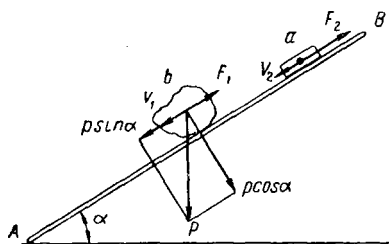


Рис. 14. Схема движения зерен по наклонной плоскости:
 F_1 и F_2 — силы трения, v_1 и v_2 — скорости асбестового волокна

Асбестовое волокно, имеющее меньшую скорость движения, падает вблизи от плоскости, а куски породы, имея большую скорость движения, падают дальше. Сростки породы и асбеста будут иметь какую-то среднюю скорость, и путь, пройденный ими, будет также средним, в результате чего выделится промежуточный продукт, требующий дополнительной обработки.

Пример. Если принять коэффициент трения асбестового волокна в среднем 0,8, а породы 0,4, то при движении смеси на плоскости, имеющей угол наклона 40° и длину 1 м, получим следующие скорости:

для асбеста

$$v = 2 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot 0,64 - 0,8 \cdot 0,76 = 0,79 \text{ м/сек};$$

для пустой породы

$$v = 2 \cdot 9,81 \cdot 1 \cdot 0,64 - 0,4 \cdot 0,76 = 2,57 \text{ м/сек}.$$

Значительная разница в скоростях движения асбеста и породы обеспечивает их разделение.

Недостатками этого способа являются: низкая степень извлечения, значительная трудоемкость процесса из-за необходимости предварительной классификации руды и ограниченная возможность обогащения руд с малым содержанием асбеста. Кроме того, небольшая удельная производительность установки наклонных плоскостей предопределяет необходимость устройства весьма громоздких зданий и сооружений.

Глава VIII

ОБОГАЩЕНИЕ РУД ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

§ 9. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ОБОГАЩЕНИЯ

Технологические процессы действующих асбестообогащительных фабрик, работающих по гравитационному методу, включают следующие основные операции: крупное и среднее дробление, сушку руды, мелкое дробление, извлечение концентратов, обеспыливание и классификацию асбеста по сортам.

Исходя из технико-экономических расчетов ведения горных работ на фабрики целесообразно подавать руду с возможно большей крупностью, определяемой емкостью ковша экскаватора. При таком положении сокращается дорогостоящий объем буровых и взрывных работ. Дробить руду в дробилках значительно выгоднее, чем с помощью взрывания.

При крупном дроблении максимальный размер кусков исходной руды принимается 1500—500 мм. Применяемые для крупного дробления дробилки обычно обеспечивают степень дробления до 4, поэтому крупность дробленого продукта получается обычно 400—125 мм.

При среднем дроблении максимальный размер кусков исходной руды 400—125 мм, а после дробления 50—25 мм.

При мелком дроблении максимальный размер кусков исходной руды 50—25 мм. Такая величина крупности исходной руды для

мелкого дробления объясняется тем, что только при дальнейшем сокращении размеров кусков руды происходит интенсивное вскрытие волокна, которое следует производить осторожно, в несколько стадий, с обязательным промежуточным извлечением волокна, освободившегося от сопутствующей породы.

Подбор типа дробилок производится для каждой стадии мелкого дробления.

Для достаточно полного вскрытия волокна в последних стадиях дробления применяют эффективные кулачковые дробилки и максимальная крупность дробленой руды в цикле мелкого дробления составляет 25—5 мм.

Более мелкое дробление (измельчение), применяется при извлечении коротковолокнистого асбеста.

Так как задачей крупного и среднего дробления является только уменьшение размеров кусков руды с возможно меньшим при этом вскрытием волокна, то и дробилки для этих стадий выбираются с наименьшим ударным действием.

Крупное дробление осуществляется в щековых и конусных дробилках; среднее — в конусных дробилках; мелкое — в короткоконусных или дезинтеграторах, валковых, молотковых, кулачковых дробилках и т. д.

Дробильные аппараты, работающие на асбестовой руде, оцениваются по коэффициенту «вскрытия» и по коэффициенту условного прироста содержания асбеста.

На всех этапах процесса обработки асбестовых руд большое значение имеет грохочение различных продуктов обогащения.

В отдельных случаях эта операция является вспомогательной, например при грохочении перед дробилками, в других — она выполняет одну из основных функций обогащения, разделяя исходные продукты по содержанию в них асбеста.

Из общего количества обогатительных машин асбестообогатительных фабрик наибольшее количество их приходится на долю различных типов грохотов. Не случайно поэтому то, что старые асбестообогатительные фабрики раньше назывались сортировками.

На асбестообогатительных фабриках грохочение применяют для отделения мелких кусков руды перед дробилками и крупных кусков руды перед обогатительными аппаратами, для обезгаливания и обеспыливания черновых концентратов, а также разделения концентратов на товарные сорта.

Эффективность грохочения зависит от ряда факторов, из которых наиболее важными являются форма зерен, содержание в исходном продукте «трудных» зерен и влаги. Зерна многогранной и шарообразной формы наиболее легко поддаются грохочению, а плоские зерна и зерна игольчатой формы, как и асбестовое волокно, — очень трудно. Весьма важное значение имеет выбор в каждом отдельном случае типа грохота, формы отверстий просеивающей поверхности и формы самой просеивающей поверхности (плоская, ступенчатая или цилиндрическая). Правильным выбором обеспечи-

вается более высокая эффективность грохочения и уменьшение влияния отдельных отрицательных факторов, например наличие так называемых «трудных» зерен.

К «трудным» зернам относятся такие, размеры которых равны $0,83-1,1D$, где D диаметр отверстий сита.

Трудными они называются потому, что, имея размер, близкий к размеру отверстия в сите. С трудом проходят через него, нередко заклиниваясь, тем самым уменьшая рабочую площадь сита. Эффективность грохочения определяется по содержанию нижнего класса в продуктах по формуле

$$E = \frac{10\,000(a-b)}{a(100-b)},$$

где a — содержание нижнего класса в исходном продукте, %;

b — содержание нижнего класса в надрешетном продукте, %.

Этими расчетами удобно пользоваться при оценке эффективности разных просеивающих машин на одном и том же продукте, выборе наиболее выгодных из них, а также при эксплуатации и исследовательских работах по разработке новых технологических схем.

Извлечение концентратов асбестового волокна из раздробленной и просушенной руды является главной обогатительной операцией во всем технологическом процессе асбестообогатительных фабрик.

По технологическому характеру выполняемых операций производственный цикл фабрик разделен на отдельные переделы.

Так, первым является передел, именуемый дробильно-сортировочным комплексом, затем идут обогатительный комплекс, склад готовой продукции и комплекс по классификации хвостов обогащения.

§ 10. ОБОГАЩЕНИЕ РЯДОВЫХ РУД

На старых предприятиях крупное и среднее дробление руды осуществлялось непосредственно в карьерах, и на фабрики доставлялась руда такой крупности, что можно было сразу осуществлять вскрытие волокна в мелком дроблении.

С ростом мощности предприятий руда только добывается в карьерах, а на фабриках производятся уже все операции, необходимые для получения товарных сортов асбеста.

Дробление, классификация и сушка руды с относительным усреднением ее качества, т. е. подготовка ее к процессу обогащения, являются основной задачей дробильно-сортировочных комплексов (ДСК).

Относительное усреднение качества руды, осуществляемое в складах сухой руды, располагаемых между ДСК и комплексом обогащения, позволяет более стабильно вести технологический процесс обогащения.

В месторождении руда весьма неоднородна по содержанию

в ней волокна и его длине, поэтому обработка руды с непостоянным качеством вызывает нарушение настройки технологического процесса, что обуславливает ухудшение качества готовой продукции и увеличение потерь асбеста в хвостах-обогащения. Проведенными специальными исследованиями установлена полная целесообразность эффективного усреднения руд перед их обогащением. С этой целью между карьером и фабрикой организуются специальные усреднительные склады, на которые руда поступает из разных забоев и перелопачивается экскаватором.

Последующая экскаваторная перегрузка этой руды обеспечивает значительное ее усреднение.

Кроме указанных мероприятий, осуществляемых в ДСК, имеется еще и вполне обоснованная тенденция извлечения из просушенной руды имеющегося в ней свободного волокна. Дело в том, что и в процессе добычи руды и при последующей ее обработке в ДСК некоторая часть волокна освобождается от сопутствующей породы. В то же время складирование просушенной руды со свободным волокном и особенно разгрузка такой руды из склада приводят к значительной порче текстуры волокна, его укрупнению и усиленному адсорбированию на нем пыли.

В соответствии с названными операциями определяется и конструктивное оформление этих цехов.

Крупность максимальных кусков руды, поступающей на фабрику, определяется условиями ведения горных работ и типоразмерами дробилок первой стадии дробления. На современных фабриках эта величина достигает 800—1000 мм.

Крупность кусков исходной руды определяет и конструкции применяемых рудоприемных устройств, исключаящих сводообразование.

Для приема исходной руды применяют приемные опрокидные лотки с подвижным колосниковым питателем или приемные воронки с пластинчатыми питателями тяжелого типа.

На вновь проектируемых мощных фабриках специальные приемные устройства не предусматриваются, так как руда будет поступать из вагонов непосредственно в пасть дробилки.

Такая возможность обусловлена изготовлением новых крупногабаритных высокопроизводительных конусных дробилок с верхним подвесом вала, работающих под завалом.

Максимальная крупность конечного продукта ДСК должна быть 30—40 мм, т. е. степень дробления в целом по цеху составляет 25—30. Это обстоятельство в совокупности с характеристиками имеющихся дробилок и необходимостью сохранения жесткости волокна обуславливает целесообразность дробления руды в три стадии при небольших степенях дробления в каждой стадии.

В первой стадии дробления могут применяться щековые или конусные дробилки с верхним подвесом вала, во второй стадии —

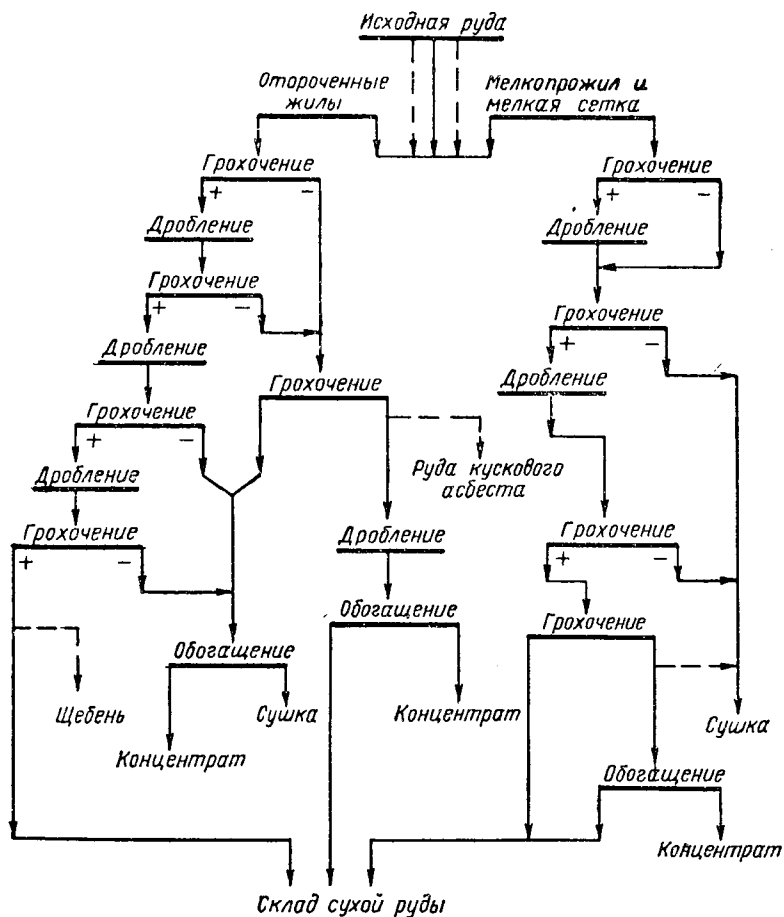


Рис. 16. Принципиальная схема дробильно-сортировочного комплекса (ДСК) для переработки руд различных зон асбестонности

Сушка руды

Применяемые в настоящее время методы извлечения асбестового волокна удовлетворительно могут осуществляться при влажности руды не выше 2%.

Асбест и особенно мелкие классы вмещающей его породы в зависимости от времени года и погоды имеют влажность до 7%, а в среднем она составляет 4—5%, что вызывает сушку части руды крупностью — 30 ÷ 35 мм.

Гигроскопическая влага, не входящая в химический состав асбеста, размещается в нем в виде тончайших столбиков, стенками которых являются волокна асбеста, и удаление ее в производственных условиях успешно производится в диапазоне темпера-

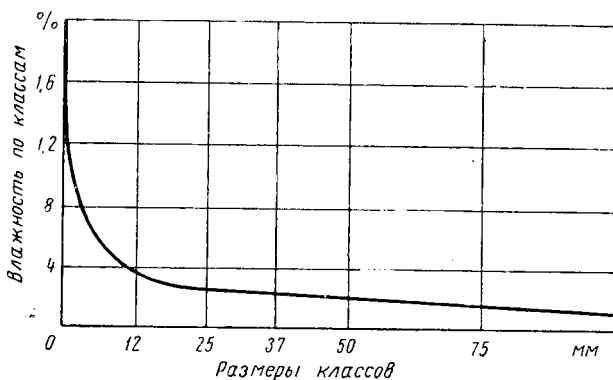


Рис. 17. Кривая зависимости содержания влаги от крупности руды

тур теплоносителя от 100 до 600°, причем главная масса влаги выделяется при температуре теплоносителя до 450°.

Летом влажность руды резко уменьшается, порой совершенно исключая надобность в сушке, а высокосортные руды ручной добычи в засушливое время жаркого лета иногда нуждаются даже в легком увлажнении для восстановления природной эластичности волокна и предохранения его от сильной распушки.

Процесс сушки, особенно при повышенном температурном режиме, снижает механическую прочность асбеста, самопроизвольно восстанавливаемую при последующем хранении руды в течение некоторого времени на открытом воздухе. Этот период должен быть тем больше, чем выше была температура сушки, и рекомендуется в пределах от 4 до 15 суток.

Прочность асбестового волокна снижается в процессе сушки не только от температурного воздействия, но также из-за механических деформаций, претерпеваемых им в сушильных аппаратах. Деформированное, не высушенное волокно теряет 35% своей перво-

начальной прочности, а высушенное при температуре 200° теряет 50%.

Верхним допустимым температурным пределом для сушки свободного волокна считается 300°, а для сушки руды 500—600°, так как в последнем случае основная часть волокна защищена от прямого действия высоких температур сопутствующей породой. Исследовательскими работами установлено, что около 40% руды крупностью +30 мм после первых двух стадий дробления имеет влажность в пределах допустимого, в то время как руда класса

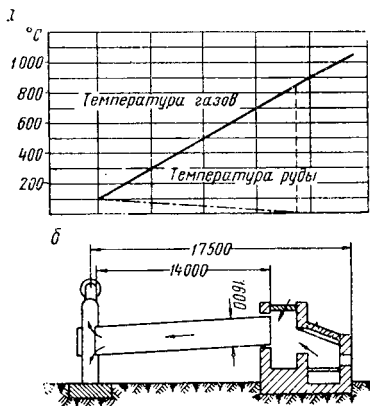


Рис. 18. Прямоточная система сушки:

а — график температуры газов и руды, б — схема движения газов и руды в сушильном аппарате

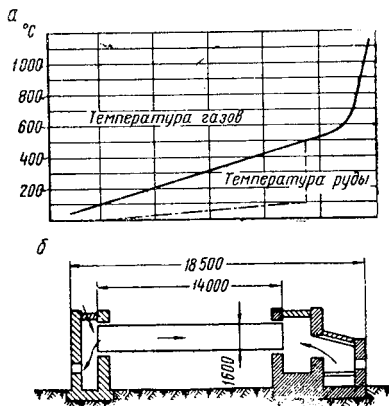


Рис. 19. Противоточная система сушки:

а — график температуры газов и руды, б — схема движения газов и руды в сушильном аппарате

—30 мм, поступающая в кусках такой крупности из карьера, нуждается в сушке (рис. 17). Для сушки этой руды и устанавливаются сушильные аппараты, действующие по прямоточной (рис. 18) или противоточной системам (рис. 19).

Первая характеризуется совпадением по направлению потоков руды и теплоносителя, т. е. горячих топочных газов, а во второй руда имеет направление, встречное потоку теплоносителя.

При прямоточной системе исходная руда поступает в поток топочных газов максимальной температуры; руда с кондиционным содержанием влаги, выходящая из сушильного аппарата, имеет соприкосновение с газами минимальной температуры, которые не могут заметно влиять на прочность асбестового волокна.

Но просушенная руда находится в контакте с насыщенным теперь влагой теплоносителем и при этом получается как бы пропаривание волокна, что нежелательно.

При разгрузке продукта из сушильного аппарата температура руды и газов обычно сравнивается.

При противоточной системе сушки исходная руда встречается с потском топочных газов наименьшей температурой.

При движении по сушильному аппарату руда, постепенно отдавая влагу, встречает все повышающуюся температуру, и в момент разгрузки ее из сушильного аппарата температура газов и руды достигает максимума, который в отдельных случаях может быть вреден для прочности волокна.

При прямоточной системе сушки обеспечиваются лучшие технологические показатели, однако наблюдается большой вынос в атмосферу мелких фракций руды и свободного волокна в связи с совпадением направлений потоков продукта и теплоносителя. Расход топлива на тонну испаренной влаги при поточной системе несколько выше, чем при противоточной. Указанное явление объясняется тем, что при встрече потока горячих газов с влажным и холодным продуктом у входа в сушильный аппарат происходит резкое снижение температуры газов и в дальнейшем снижение температуры при движении по барабану происходит более равномерно, чем при противоточной сушке.

Крупная руда может подаваться в процесс обогащения без сушки или сушиться отдельно от руды мелких классов.

При раздельной сушке крупных и мелких классов руды свободное волокно, концентрирующееся в мелких классах, лучше сохраняется, так как на него не действуют крупные куски руды и, кроме того, при однородном продукте легче установить постоянный оптимальный режим сушки.

Сушка руды производится в сушильных барабанах и в шахтных печах.

Для обеспечения нормальных условий сушки руды необходимо иметь такую скорость воздушного потока в сушильном аппарате, которая обеспечит своевременное и полное удаление пара. Поскольку вместе с воздухом выносятся некоторое количество пыли и волокна, то отработанный воздух пропускается через очистные сооружения (циклоны, фильтры и т. п.).

Руда после сушки транспортируется в склад сухой руды, необходимость которого обуславливается следующим:

а) температура руды после сушки достигает 60—70°. Обогащение горячей руды, продолжающей выделять пар, затрудняется, так как в холодное время года вследствие конденсации паров воды забиваются воздухопроводы и отверстия сит на грохотах, что приводит к нарушению технологического процесса; следовательно, перед обогащением необходимо руду охладить.

б) руда, поступающая на фабрику, не имеет постоянного состава по общему содержанию и сортности асбеста, причем в течение даже отдельных смен колебания могут быть значительными. Правильное послойное складирование руды обеспечивает некоторое усреднение ее состава, что облегчает дальнейшее ведение технологического процесса;

в) горячее волокно менее прочно и легко деформируется при обогащении. Для восстановления прочности необходимо выдерживать волокно на воздухе;

г) наличие склада перед цехом обогащения гарантирует более устойчивое питание его рудой при возможных колебаниях в ее доставке с рудников и в период остановок ДСК и обогатительного комплекса для проведения планово-предупредительного ремонта.

Для складирования сухой руды применяются склады различных конструкций.

Если извлечение чернового концентрата из руды перед сушкой не производилось, то эта операция должна быть предусмотрена перед складом сухой руды.

Если же извлечение концентратов произведено из сырой руды, то должны быть предусмотрены средства отдельной сушки этих концентратов перед дальнейшим их транспортированием.

В сухое время года, когда получающиеся концентраты будут иметь допустимую влажность, можно будет этой дополнительной сушильной установкой не пользоваться.

Выделение из руды черновых концентратов перед ее направлением в сушильные аппараты имеет то преимущество, что в этом

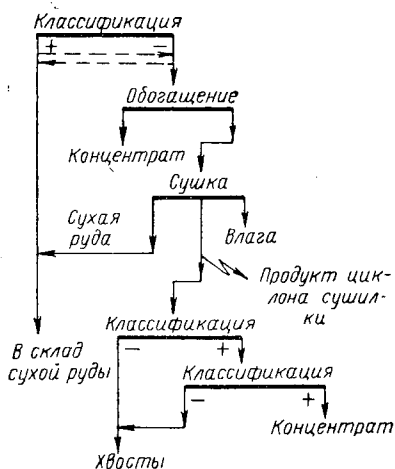


Рис. 20. Принципиальная схема сушильного отделения с извлечением концентрата из продукта до сушки

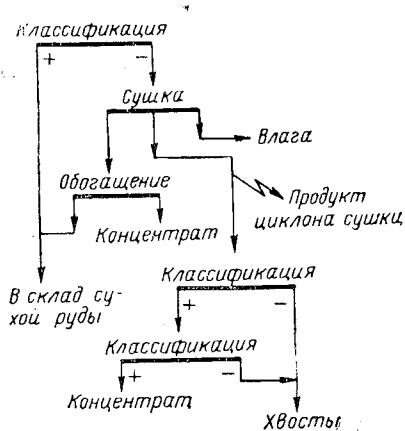


Рис. 21. Принципиальная схема сушильного отделения с извлечением концентрата из продукта после сушки

случае лучше сохраняется текстура волокна, а это обстоятельство и является определяющим смысл извлечения свободного волокна из руды перед ее складированием.

Склад оказывает весьма отрицательное влияние на текстуру свободного волокна: чем выше штабель руды в складе, тем больше текстуры волокна.

Для извлечения чернового концентрата могут применяться воздушно-проходные сепараторы, центробежные сепараторы, пневматические камеры или грохоты с отсасыванием.

В процессе сушки отработанным воздухом уносится в циклоны 4—6% продукта от исходного в сушку. Этот продукт содержит до 8—10% свободного длиноволокнистого асбеста жесткой текстуры и 85—90% пыли.

При совместном складировании руды с этим чрезвычайно запыленным продуктом пыль настолько прочно вбивается в массу волокна, что последующая его очистка от пыли оказывается затруднительной.

Наиболее правильным следует считать такое положение, при котором пыль должна выводиться из технологического процесса в любом пункте ее образования. В соответствии с этим продукт выноса из сушильных установок, уловленный в циклонах, должен быть сразу же обеспылен и пыль удалена в отвал. Полученный черновой концентрат вместе с концентратом, полученным из продукта до (или после) сушки, должен извлекаться отдельным от руды потоком направляться в обогатительный комплекс для дальнейшей обработки. На рис. 20 приведена принципиальная схема сушильного отделения с извлечением концентрата до сушки руды, а на рис. 21 — с извлечением концентрата перед складом сухой руды.

Мелкое дробление и обогащение

В цехах мелкого дробления и обогащения, как правило, обрабатывается сухая остывшая руда крупностью менее 40 мм.

Цех состоит из одной или нескольких параллельных секций. Секции могут быть однотипными при питании однородной по крупности рудой или разными, если поступают разные по обогатимости руды.

Назначение данных цехов — максимально вскрыть асбестовое волокно, сохранив его текстуру при возможно полном извлечении вскрытого волокна из продуктов до и после каждой стадии дробления.

Дробление руды производится в четыре-шесть стадий при различной степени дробления в каждом аппарате.

В первой и второй стадиях устанавливаются короткоконусные и молотковые дробилки, а иногда валковые дробилки, отличающиеся хотя и сравнительно невысокой способностью вскрытия волокна, но сохраняющие его текстуру, что особенно важно при получении текстильного асбеста, извлекаемого преимущественно в первых стадиях дробления, поскольку такое волокно менее прочно соединено с сопутствующей породой, чем короткое волокно.

Устанавливаемые в третьей стадии молотковые дробилки, дезинтеграторы и кулачковые дробилки ударного действия до некоторой степени сами вскрывают волокно, а главное подпушают, делают как бы парусными агрегаты волокна, вскрытые в первых двух стадиях, благодаря чему они могут быть уже извлечены из руды воздушной струей на грохоте или в сепараторе.

В четвертой и пятой стадиях устанавливают дезинтеграторы и кулачковые дробилки.

Для увеличения производительности, улучшения степени дробления руды и вскрытия волокна перед дробильными аппаратами производится отделение руды мелких фракций. Руда, поступающая в дробильный аппарат, не должна содержать свободного волокна более 0,1—0,2%, так как в процессе дробления портится его текстура.

Для извлечения черновых концентратов применяются грохоты с отсасыванием, центробежные воздушные сепараторы и пневмосепараторы различных конструкций. Перед первой стадией дробления обычно применяется вспомогательное грохочение с выделением продукта крупностью более 15 или 25 мм.

На грохотах, с которых извлекается черновой концентрат, устанавливаются сетки с отверстиями 1,5 или 3—5 мм. В первом случае просев направляется чаще в хвосты, хотя в нем содержится 1—2% короткого волокна.

Обрабатывать эти просевы в следующей стадии вместе с рудным потоком нельзя, так как содержащаяся в них пыль засоряет волокно, затрудняя его последующую обработку. При установке на грохотах сетки с отверстиями 3—5 мм эти просевы обрабатываются отдельно от основного потока. Выделение из рудного потока указанных мелких фракций обеспечивает уменьшение слоя руды на грохоте, создает лучшую пористость его, обеспечивающую хорошее всплывание волокна и более полное его извлечение.

Черновой концентрат, полученный с грохота, имеющего сетку с крупными отверстиями, содержит меньше пыли и легче обрабатывается в последующих операциях.

Верхний продукт при отсутствии в нем мелочи лучше дробится при хорошем вскрытии волокна и сохранении текстуры.

Промежуточные продукты, состоящие из просевов грузовых грохотов, верхних продуктов перечистных грохотов и просевов некоторых обеспыливающих аппаратов, обрабатываются отдельно от основного потока и только иногда возвращаются в последние стадии основного потока в виде так называемого обратного продукта.

Выход промежуточного продукта по грузовому потоку составляет 10—15%, а в целом по цеху вместе с перечистным отделением до 30—40% исходной руды в цех при содержании в нем ас-

Таблица 9

Примерный выход черновых концентратов при обогащении отсасыванием

Стадия обогащения	Выход от исходного в цех, %	Содержание асбеста (до +0,5 мм), %
Первая	2—4	25—30
Вторая	3—6	22—25
Третья	5—8	20—22
Четвертая	6—7	18—20
Пятая	8—10	10—18

беста 8—12%. Возвращение его в основной поток отрицательно влияет на технологические показатели.

Общий выход черновых концентратов при обогащении отсасыванием 35—40% исходного в цех при содержании в них асбеста

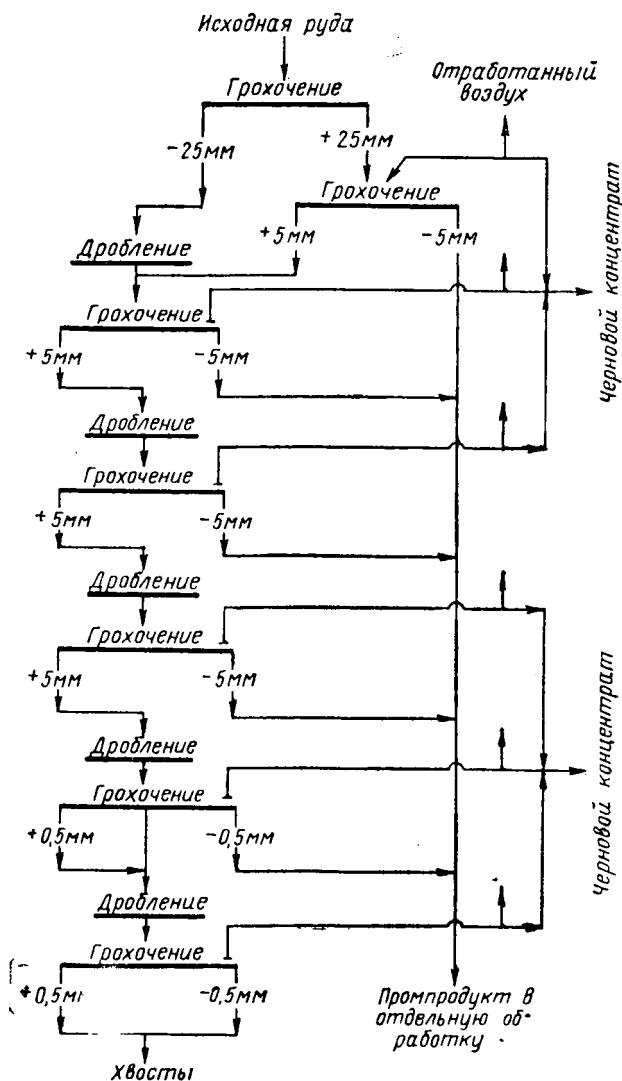


Рис. 22. Принципиальная схема обогащения отсасыванием с грохотов

(+0,5 мм) составляет 20—25%. Примерный выход черного концентрата по стадиям обогащения от исходного в цех приведен в табл. 9.

Общий выход черного концентрата при сепарации составляет 10—12% исходного.

На рис. 22 и 23 приведены принципиальные схемы цехов обогащения.

При извлечении черновых концентратов отсасыванием и при обезгаливании на грохотах вместе с отработанным воздухом уносится в пылеосадительные устройства некоторое количество сопутствующей породы и короткого волокна.

В среднем в пылеосадительные устройства уносится 2—4% продукта от исходной руды, переработанной цехом обогащения. Этот продукт содержит до 25% волокна крупнее 0,5 мм и подвергается дополнительной обработке по удалению пыли и классификации с получением камерных сортов асбеста.

Перечистка и классификация концентратов

Черновые концентраты, полученные с грузовых грохотов, содержат значительное количество пыли (35—40%) и гали (40—45%).

Для получения кондиционной продукции черновой концентрат подвергается обеспыливанию и обезгаливанию, затем классифицируется на товарные сорта.

Для этих целей применяют качающиеся грохоты с отсасыванием, цилиндрические грохоты (сортовки) и т. д.

Перечистка и классификация являются наиболее сложными операциями в процессе обогащения асбестовых руд.

Таблица 10

Ситовый состав и текстура волокна черновых концентратов при обогащении рядовых руд

Стадия дробления	Выход, %				Текстура
	II сито +4,8 мм	III сито +1,5 мм	IV сито 1-1,35 мм	Пыль и гали	
До первой стадии	6,5	22,0	7,5	64,0	Полужесткая
После первой стадии	5,0	20,0	9,0	66,0	То же
После второй стадии	3,0	19,0	8,0	70,0	.
После третьей стадии	1,0	23,0	10,5	64,5	Полужесткая и мягкая
После четвертой стадии	1,5	19,5	12,0	68,0	То же
После пятой стадии	0,0	14,0	13,0	73,0	.

Каждая фабрика имеет отличную от других, весьма сложную схему обработки концентратов, зависящую от типа перерабатываемых руд.

Черновой концентрат разных стадий обогащения имеет различный ситовый состав и текстуру (табл. 10), но это различие незначительно у продуктов смежных стадий, особенно при однотипных дробилках.

Черновые концентраты каждой стадии могут обрабатываться отдельно от начала до конца, но практически их объединяют в два или три потока, например:

при объединении в два потока:

первый поток — концентрат, полученный до и после первой стадии дробления и после второй стадии дробления;

второй поток — концентрат, полученный после третьей, четвертой и пятой стадий дробления;

при объединении в три потока:

первый поток — концентрат, полученный до и после первой стадии дробления;

второй поток — концентрат, полученный после второй стадии дробления;

третий поток — концентрат, полученный из продукта после третьей, четвертой и пятой стадий дробления.

Черновой концентрат, получаемый при обработке промпродукта, обычно присоединяется ко второму или третьему потоку.

Окончательное решение этого вопроса определяется специальными экспериментами при проведении исследовательских работ по разработке технологической схемы для некоторой определенной руды.

Первый и второй потоки дают наиболее высокие сорта товарного асбеста для данной фабрики.

Объединение концентратов в потоки производится непосредственно после извлечения их из рудного потока или после однократной или двукратной пересортировки. Если обработка концентратов ведется без предварительной классификации, то концентраты объединяются после пересортировки, и наоборот. Пересортировка черновых концентратов может производиться с предварительной классификацией и без нее. Предварительная классификация заключается в том, что черновой концентрат перед операцией пересортировки разделяется по крупности на два потока, которые проходят пересортировку отдельно.

Пересортировка с предварительной классификацией является более сложной, но имеет ряд преимуществ, а именно:

а) достигается большая сохранность природных качеств волокна;

б) лучше классифицируется продукт и повышается удельный выход высоких сортов;

в) требуется меньше операций обезгаливания.

При наличии предварительной классификации подавляющая

масса гали и пыли остается с коротким волокном, вследствие чего количество перечисток длинного волокна будет минимальным с лучшим сохранением природных качеств волокна.

Короткое волокно при наличии узкой классификации эффективнее обезгаливается. Количество перечисток зависит от качества концентрата.

При обезгаливании на грохотах устанавливаются сетки с отверстиями 0,5—0,8 мм.

Жесткое и полужесткое волокно легче поддается грохочению, чем мягкое, но при этом в просевах теряется значительная часть мелких «иголок» асбеста. Поэтому при обработке концентратов с асбестом жесткой текстуры устанавливаются сетки с отверстиями размером 0,5 мм, а так как мягкое волокно труднее обеспыливается, то для его обработки применяют сита с отверстиями, равными 0,8 мм.

Операции обезгаливания не обеспечивают требуемого отделения пыли, поэтому отдельно предусматривается обеспыливание. Обычно концентрат после обезгаливания содержит 25—30% пыли.

Практикой установлено, что обезгаливание происходит эффективнее при отсутствии в продукте пыли, а обеспыливание оказывается более интенсивным при наличии в продукте гали.

Последовательная установка обеспыливающих аппаратов дает лучший эффект, чем параллельная, при равном качестве исходного продукта, хотя нагрузка на аппарат во втором случае меньше.

Последним этапом обработки концентратов является классификация, т. е. разделение волокна на сорта, отвечающие требованиям стандарта. Вне зависимости от способа перечистки черновых концентратов (производилась ли она с предварительной классификацией или без нее) окончательная классификация является обязательной.

Классификация концентратов может осуществляться двумя методами: от мелкого к крупному и от крупного к мелкому. В первом случае концентрат подается в классифицирующий аппарат, снабженный двумя или тремя сетками с отверстиями различных размеров, подобранными таким образом, что просев каждой сетки представляет собой готовый сорт (рис. 24). Верхний продукт аппарата поступает в следующий аппарат, отверстия сеток которого также расположены по принципу нарастающей крупности. Верхний продукт второго аппарата является высшим сортом для данного потока продукта.

Достоинством этого метода является простота, а недостатком — трудность получения стандартной продукции в просевах.

При движении продукта вначале по сетке с малыми отверстиями не достигается эффективное выделение мелочи, особенно при волокне мягкой текстуры, так как при этом мелкий асбест запутывается в крупном и переходит в высший сорт. Обычно готовая продукция в просевах получается через сорт, например если про-

сев первой сетки дает VI сорт, то просев следующей сетки этой же сортовки дает IV сорт и т. д.

Классификация от крупного к мелкому характеризуется обратным порядком получения сортов. Первоначально выделяется высший сорт для данного концентрата, а затем низшие сорта. Классификация концентратов осуществляется в аппарате, имеющем сетку с отверстиями одного размера.

Верхний продукт аппарата представляет собой готовый сорт,

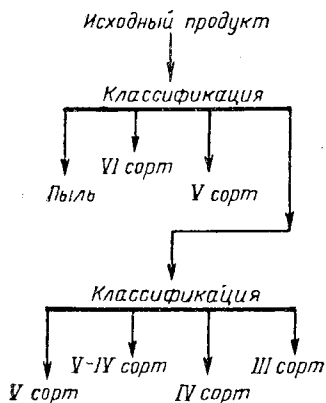


Рис. 24. Принцип классификации от мелкого сорта к крупному

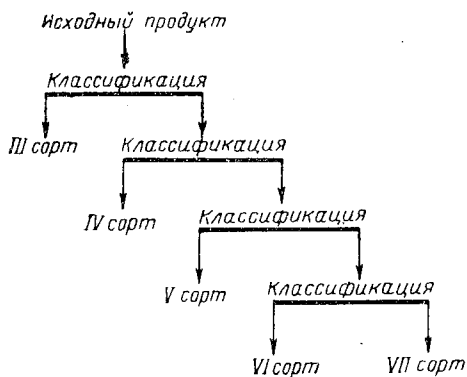


Рис. 25. Принцип классификации от крупного сорта к мелкому

а просев поступает в дальнейшую классификацию (рис. 25). Размер отверстий сеток подбирается с таким расчетом, чтобы получить верхний продукт, отвечающий требованиям определенного сорта.

При этом методе происходит более точная сортировка волокна и получается бóльший выход высоких сортов.

Недостатком является некоторая сложность и громоздкость установки.

В табл. 11 приведено примерное содержание волокна в концентрате по стадиям перечистки.

Таблица 11

Содержание волокна в концентрате по стадиям перечистки

Стадия обогащения	Основное обогащение		Первая перечистка		Вторая перечистка		Обеспыливание	
	Содержание асбеста, %							
	свободного	скрытого	свободного	скрытого	свободного	скрытого	свободного	скрытого
Первая	30—35	2—3	50—55	1,5—2	55—60	1—1,5	80—85	—
Вторая	25—30	2—5,5	40—45	2—1,5	50—60	0,8—1	60—70	—
Третья	10—15	1—1,5	20—25	1—1,5	40—45	0,8—1	50—60	—

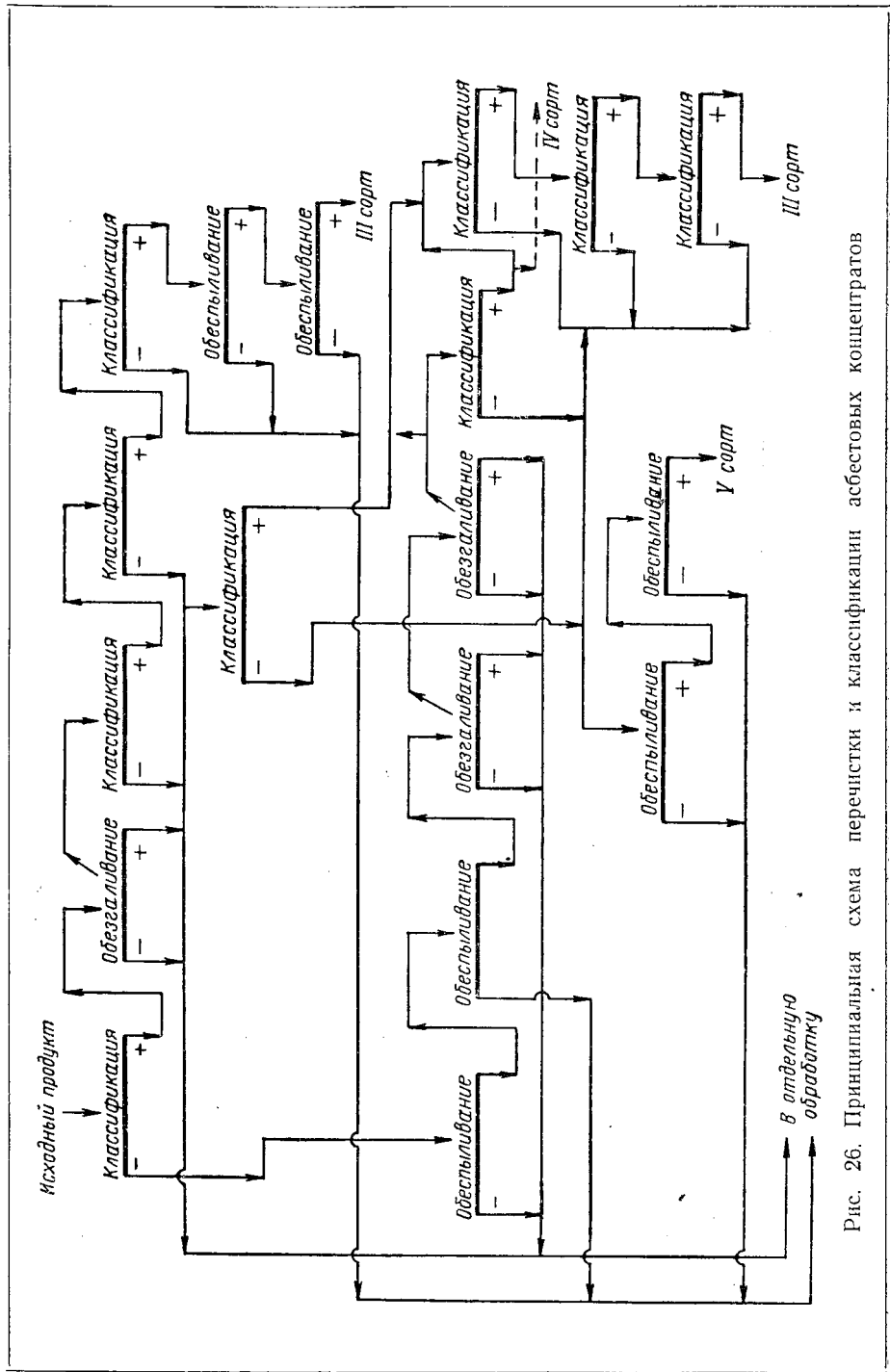


Рис. 26. Принципиальная схема пересорти и классификации асбестовых концентратов

На рис. 26 приведена принципиальная схема перечистки и классификации асбестовых концентратов.

Организация и ведение технологического процесса

Основная задача правильной организации и ведения технологического процесса состоит в достижении максимально возможного извлечения асбеста при сохранении его текстуры и в получении стандартной продукции при рациональном удельном выходе сортов, что обеспечивает низкую себестоимость продукции.

Достижение оптимальных показателей в значительной степени зависит от качества руды, эффективности подготовительных операций перед обогащением, а также от правильности ведения технологического процесса обогащения. Поэтому, чем полноценнее будет извлечено волокно и чем выше будет удельный выход высоких сортов, тем экономичнее будет процесс обогащения.

Для облегчения ведения технологического процесса ежемесячно на каждый сорт руды для каждой фабрики целесообразно иметь режимные карточки, в которых указывается: характеристика руды по обогатимости, лабораторное содержание в ней асбеста и его качество; необходимая степень измельчения руды и ожидаемое при этом вскрытие волокна в каждой стадии дробления; необходимый скоростной напор в воздухоприемниках каждой стадии обогащения, режим работы сепараторов или других аппаратов; рациональная загрузка рудой каждой секции; ожидаемое содержание асбеста в концентратах и хвостах; ожидаемое извлечение; возможный сортамент продукции, удельный выход и средняя запыленность сортов.

Равномерная подача руды на фабрику по количеству и качеству значительно облегчает ведение технологического процесса, а также получение необходимых показателей.

Каждая фабрика проектируется на определенный, незначительный диапазон изменения процента содержания и качества асбеста в руде. Частые колебания качества руды влекут за собой необходимость перестройки технологического режима: степени загрузки аппаратов, изменения режима отсасывания и т. д., поэтому желательно хотя бы среднечасовое содержание асбеста в руде иметь равным среднемесячному.

Лабораторное содержание и качество асбеста в руде для каждой фабрики устанавливаются в соответствии с планом выработки сортового асбеста по количеству и качеству и с учетом возможностей рудника.

Необходимый процент содержания волокна на II сите контрольного аппарата в исходной руде определяется в зависимости от плана на выработку сортового асбеста, имеющего остаток волокна на I и II сите контрольного аппарата с учетом поправочного коэффициента на лабораторное содержание волокна I или II сита в руде, который принимается для каждой фабрики отдельно.

Для получения II товарного сорта в руде кроме волокна II сита контрольного аппарата необходимо иметь хотя бы следы волокна, остающегося на I сите, и не менее 50% волокна III сита.

Порядок определения количества и качества асбестовой руды, необходимой для выработки того или иного сортамента, виден из приведенного ниже примера.

Пример. Требуется получить при обогащении руды 5000 т товарного асбеста, в том числе: II сорта 100 т, из которых 40 т марки П-II-30 и 60 т марки П-II-15; III сорта 750 т, из которых 225 т марки П-III-70 и 525 т марки П-III-60; IV сорта 350 т, из них марок П-IV-35 и П-IV-20 по 175 т, а V и VI сортов по 1950 т.

Заданные показатели: лабораторное содержание асбеста в руде 5%, расчетный коэффициент на лабораторное содержание асбеста в руде для данной фабрики 1,2, степень извлечения 0,85 и средняя запыленность шести сортов 14%.

При запыленности, равной 14%, содержание чистого волокна в выработке по расчетным данным равно $5000 \cdot 0,86 = 4300$ т, что составляет 85% извлеченного волокна.

Следовательно, всего в руде по расчетным данным должно быть волокна $4300 : 0,85 = 5060$ т. Количество асбеста в руде по лабораторным данным составит $5060 : 1,2 = 4216$ т.

При лабораторном содержании асбеста в руде 5% фабрика должна переработать $4216 : 0,05 = 84\,320$ т руды.

Количество волокна I и II сит контрольного аппарата определяется в соответствии с ГОСТ 7—60.

В марке П-II-30 волокна I и II сит 83%, или $40 \cdot 0,83 = 33,2$ т. В марке П-II-15 волокна I и II сит 80%, или $60 \cdot 0,8 = 48$ т. В марке П-III-70 волокна II сита 70%, или $225 \cdot 0,7 = 157,5$ т. В марке П-III-60 волокна II сита 60%, или $525 \cdot 0,6 = 315$ т. В марке П-IV-35 волокна II сита 35%, или $175 \cdot 0,35 = 61,3$ т. В марке П-IV-20 волокна II сита 20%, или $175 \cdot 0,2 = 35$ т, т. е. всего волокна I и II сит по расчетным данным 650 т.

Принимая поправочный коэффициент по волокну II сита для данной фабрики равным 4, получаем лабораторное содержание волокна II сита в продукции $650 : 4 = 162,5$ т, что в переводе на проценты к волокну в исходной руде дает $(162,5 \cdot 100) : 4216 = 3,8\%$.

Необогащенная руда, в основном представленная мелкопрожилым типом асбестоносности, имеет среднюю твердость. На обогатимость этой руды оказывает влияние наличие в ней значительного количества коротковолокнистого асбеста, разрушенного перидотита, перидотитовых ядер, влаги и ломкого асбеста.

Если в руде содержание волокна на II сите контрольного аппарата менее 1% и на III сите менее 40% или когда в руде совершенно нет II и III геологических сортов, обогащение протекает более сложно. Такая руда требует многостадийного дробления для максимального освобождения асбеста. При обогащении на грохотах с отсасыванием часть короткого волокна уходит в про-

сев, повышая содержание асбеста в хвостах. Извлечение короткого волокна с грохотов протекает затруднительно вследствие незначительного различия в объемных весах измельченной руды и короткого волокна, при этом сорта товарного асбеста получаются более запыленными.

Наличие в руде более 10—15% разрушенного перидотита крупностью меньше 5 мм затрудняет дробление. Мелкие зерна перидотита легко адсорбируют влагу, прессуются при дроблении и забивают обогатительные и транспортные устройства. После сушки они превращаются в песок, забивающий сетки грохотов, отчего затрудняется обогащение и часть свободного волокна уходит с верхним продуктом грохота в следующую операцию. При попадании в концентрат они трудно отделяются от волокна и повышают запыленность и содержание гали в сортовом асбесте.

Наличие в руде крупных перидотитовых ядер размером более 300 мкм затрудняет дробление (из-за их высокой твердости в дробилках возникают значительные дробящие усилия).

Повышенное содержание влаги в руде вызывает забивание транспортных и обогатительных аппаратов, затрудняя технологический процесс. Поэтому необходимо регулировать операцию сушки. Излишнее форсирование топок сушилок приводит также к отрицательным результатам вследствие потери волокнами эластичности и прочности.

Руды с ломким асбестом обогащаются отдельно, так как при обогащении по обычной схеме ломкое волокно распадается на мелкие иголки, которые затрудняют извлечение асбеста из руды, что обуславливает значительные потери его в отходах.

Загрузка оборудования регулируется по данным экспресс-анализов и контролируется показаниями весов. При исходном продукте пониженного качества по содержанию асбеста и его сортности загрузка оборудования увеличивается, а при повышенном содержании несколько снижается с тем, чтобы обеспечить полное извлечение свободного волокна в каждом аппарате.

Разгрузочные щели или зазоры всех дробильных аппаратов должны соответствовать оптимальным размерам.

Работа и состояние дробильного оборудования систематически проверяются ситовым анализом продуктов дробления. Наличие повышенного количества крупных зерен в продукте дробления указывает на ненормальность работы дробилки, что в итоге приводит к повышенному содержанию скрытого волокна в хвостах.

Недопустимо исключать из процесса хотя бы одну стадию дробления, так как это влечет за собой нарушение режима работы всех последующих дробилок и обогатительных машин.

Для лучшего вскрытия волокна каждая дробилка должна работать на продукте соответствующей крупности. В цехи обогащения необходимо подавать сухую, остывшую руду.

Переработка в цехе горячей, влажной или пересушенной руды значительно ухудшает технологические показатели. При соприкос-

новении горячей руды с холодным воздухом около воздухоприемника происходит конденсация пара, в результате чего волокно и пыль становятся влажными и забивают отверстие воздухоприемника, ухудшая извлечение.

Пересушенная руда содержит волокно, которое легко деформируется, в сортах получается больше пыли, а также образуется много пыли в корпусе фабрики.

До первой стадии дробления и после всех последующих стадий необходимо извлекать из продуктов свободное волокно путем соответствующего регулирования величины загрузки даже при условии несколько повышенного извлечения в концентрат гали.

Содержание свободного волокна в хвостах каждого обогащательного аппарата не должно превышать 0,15—0,2%.

Из процесса нельзя исключать ни одного приема обогащения, так как при этом свободное волокно, поступающее вместе с рудным потоком, сильно деформируется, разрывается и уходит в просев.

Длинное волокно, как правило, извлекается в первых приемах обогащения, а попадание этого волокна в последующие операции приводит к порче его длины и текстуры, а также создает пересортицу, т. е. попадание длинного волокна в низкие сорта.

Сетки сортовок, грохотов, рассевов и т. д. всегда должны быть чистыми. В просевах аппаратов не должно быть длинного волокна или крупной гали.

Переключения потоков руды или концентрата, не предусмотренные схемой, не допускаются, так как это приводит к нарушению выхода кондиционной продукции.

При нарушении технологического процесса снижается выработка готовой продукции и получают некондиционные сорта.

Некондиционность продукции может быть по следующим основным причинам: по содержанию пыли, гали или засоренности посторонними предметами.

Некондиционность по гале характеризуется наличием в сорте зерен породы выше норм, обусловленных ГОСТом. Повышенное попадание гали в готовую продукцию происходит при малой загрузке перечистного оборудования и при несвоевременной регулировке режима отсасывания.

Некондиционность по пыли характеризуется повышенным против стандарта содержанием пыли в готовых сортах.

Причины повышенной запыленности могут быть различными, но основными являются: засоренность сеток грузовых и перечистных грохотов и обеспыливающих аппаратов; перегруз перечистных аппаратов; неудовлетворительная сушка руды и т. д.

Некондиционность по крупности характеризуется повышенным или пониженным остатком волокна на верхнем сите контрольного аппарата для данного сорта.

Причинами некондиционности по крупности является отключе-

ние или ненормальная работа одного или нескольких приемов дробления и обогащения в начале процесса.

В этих случаях крупное волокно, несвоевременно вскрытое и извлеченное, попадает в следующий аппарат, где преобладает мелкое волокно и где сетки классифицирующих аппаратов рассчитаны на получение низких сортов.

Брак по засоренности посторонними предметами является следствием захламления рабочих мест в карьерах и на фабрике.

Доводка некондиционной продукции до норм стандарта производится на отдельной установке, так как переработка бракованной продукции в основном потоке приводит к нарушению всего технологического режима.

В количественном отношении отходы грузового потока составляют в среднем 80—90% общей массы хвостов при содержании в них асбеста 0,5—0,7% и в том числе свободного волокна 0,08—0,1%. Отходы перечистного отделения составляют 10—20% при содержании в них асбеста 1,5—5%.

При нормальном ведении технологического процесса обогащения средних рядовых руд Баженовского месторождения способом отсасывания получаются следующие ориентировочные показатели:

Выход товарного асбеста из руды по шести сортам	6—8%
Расход руды на 1 т готовой продукции (шесть сортов)	14—16 т
Удельный выход асбеста полужесткой текстуры	40—45%
То же, мягкой текстуры	55—60%
Удельный выход сортов:	
II сорт	0,5—0,8%
III сорт	7—10%
IV сорт	8—10%
V сорт	45—40%
VI сорт	39,5—39,2%
Извлечение асбеста (по шести сортам)	85—90%
Содержание асбеста в хвостах	0,5—0,8%
Средняя запыленность шести сортов	12—15%

Приемка и упаковка асбеста

Готовая продукция, полученная в процессе обогащения, должна отвечать требованиям ГОСТа или технических условий. Упаковка и отгрузка сортов потребителям также производятся в соответствии с ГОСТом.

Упаковка асбеста, складирование неупакованного и упакованного асбеста, а также отгрузка его потребителям производятся в цехе готовой продукции.

В этих цехах почти полностью механизированы все процессы, немеханизированными остаются лишь укладка мешков с асбестом в штабеля, разборка штабелей и укладка мешков в вагоны.

Складирование готовой продукции, поступающей из цеха обо-

гашения, производится отдельно по маркам в специальные отсеки насыпного отделения склада.

В процессе накопления некоторого количества асбеста каждой марки происходит попутное усреднение ее состава.

На фабриках малой производительности для приготовления партий асбеста берется количество не менее 10 т (исключая асбест марки АК) и тщательно перемешивается (буторится). Для первых четырех сортов применяется двукратное перемешивание, а для V и VI сортов — однократное.

На фабриках большой производительности операции в цехе готовой продукции производятся следующим образом. Из отсеков, расположенных в один ряд, асбест грейферным мостовым краном перемещается вдоль всего насыпного отделения и подается в бункер с ленточным питателем. По мере разгрузки бункера его вновь наполняют асбестом, от которого отбирается контрольная проба.

Управление ленточным питателем, установленным за ним элеватором и упаковочной машиной производится с рабочего места машиниста упаковочного агрегата. Последний состоит из упаковочной машины УП-3/330, платформенных весов, ленточного конвейера и мешкозашивочной машины.

Во избежание смешивания разных сортов для каждого сорта, а иногда и марки асбеста используется отдельный упаковочный агрегат.

Для упаковки применяются джутовые или бумажные мешки емкостью от 25 до 50 кг в зависимости от объемного веса упаковываемого асбеста.

Перед упаковкой мешки подвергаются маркировке, т. е. на них указываются марка асбеста, его вес в мешке, номер партии и наименование фабрики, выпускающей асбест.

Разрешается вместо клейма пришивать к мешкам этикетки типографского изготовления с указанием сведений, имеющих на клейме. Из упаковочного отделения упакованный асбест транспортируется для штабелирования в складское отделение или непосредственно в вагон.

Погрузочные конвейеры имеют прессующие устройства, благодаря чему объем каждого мешка уменьшается примерно на 20%, что дает возможность более полно использовать грузоподъемность вагонов.

Отдельно от продукции цеха обогащения складированы сорта, полученные из продуктов пылеосадительных устройств.

Незначительная часть камерных сортов отгружается в упакованном виде, а основная масса отгружается навалом в открытых и закрытых вагонах.

В первом случае погрузка осуществляется конвейерами, а во втором — экскаваторами и центробежными забрасывателями.

Асбест, отправляемый в вагонах навалом, взвешивается на вагонных весах или вес его определяется путем замера объема с по-

следующим переводом в весовые единицы согласно объемным весам, указанным в табл. 12.

Таблица 12

Объемный вес товарного асбеста, m^3/m

Сорт	Насыпной	Незначительно уплотненный	Значительно уплотненный	Плотно слежавшийся, утрамбованный
Хризотилковый асбест				
I жесткий	0,25	0,33	0,40	—
II жесткий	0,25	0,33	0,45	—
II полужесткий	0,22	0,30	0,44	0,55
III жесткий	0,25	0,38	0,48	—
III мягкий	0,25	0,35	0,45	0,52
IV жесткий	0,25	0,40	0,50	—
IV мягкий	0,24	0,37	0,47	0,65
V жесткий	0,45	0,60	0,65	—
V мягкий	0,40	0,50	0,55	0,70
VI жесткий	0,50	0,65	0,75	0,90
VI мягкий	0,45	0,55	0,65	—
VII	0,80	—	1,00	1,20
Антофиллитовый асбест				
АН-I	0,27	0,39	0,47	—
АН-II	0,29	0,39	0,50	—
АН-III	0,32	0,46	0,54	—
АН-IV	0,36	0,48	0,57	—
АН-V	0,50	0,58	0,68	—
АН-VI	0,58	0,66	0,82	—

Данными таблицы можно пользоваться и при замерах продукции в складах.

На новых фабриках предусматривается осуществление процесса упаковки, взвешивания и зашивки мешков непосредственно в цехах обогащения. В цехах готовой продукции остаются только складские и погрузочные функции.

На складах камерных сортов предусматривается применение шихтопогрузочных машин для погрузки продукции навалом.

§ 11. ОБОГАЩЕНИЕ РУД, СОДЕРЖАЩИХ ВЫСОКОСОРТНЫЙ АСБЕСТ

Обогащение высокосортных руд, т. е. руд, содержащих волокно, соответствующее маркам АК и ДВ, а также I—II и III товарным сортам, производится по специальным технологическим схемам с тем, чтобы обеспечить максимальный выход текстильных сортов при сохранении текстуры волокна.

В зависимости от метода добычи высокосортной руды и ее качества применяются различные схемы обогащения.

Обогащение руд ручной добычи

Высокосортные руды ручной добычи обогащаются на специальных фабриках.

Отборные руды I и II сорта обрабатываются отдельно.

Отборные руды сушатся, как правило, в барабанных сушилках. Поскольку руда содержит много свободного длиноволокнистого асбеста, то целесообразно иметь поточную систему сушки при тем-

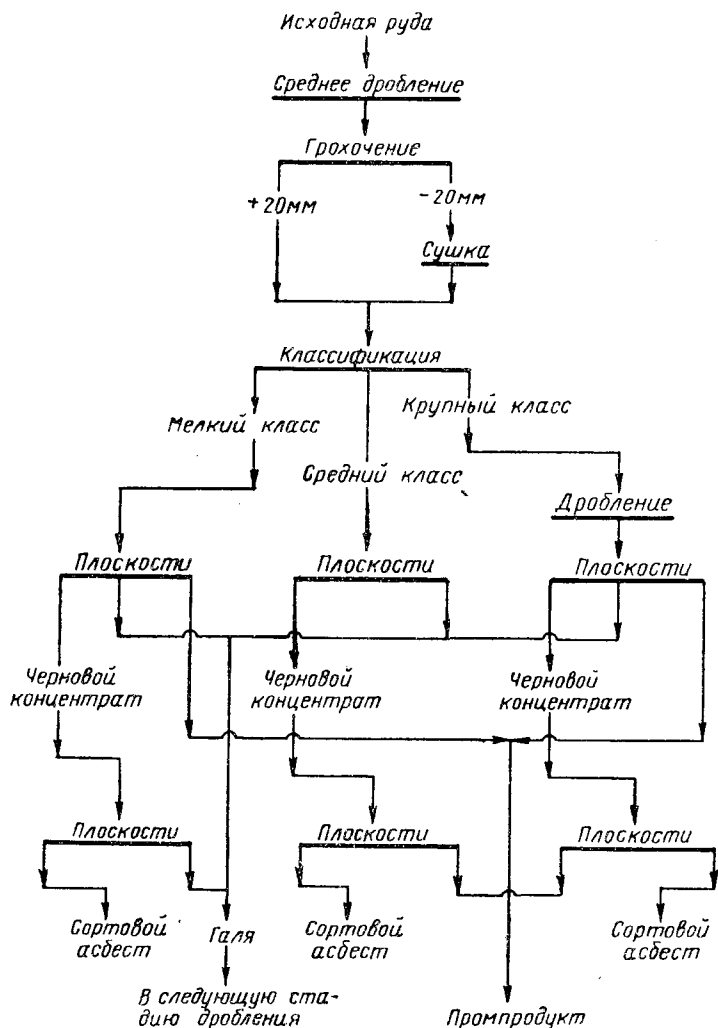


Рис. 27. Принципиальная схема обогащения по методу разделения на наклонных плоскостях

пературе входящих газов 400—450°. Время пребывания руды в сушильном аппарате должно быть на 20—25% меньше, чем при сушке рядовых руд, для чего увеличивается угол наклона барабана до 8—12° или скорость вращения его до 12—15 об/мин.

Обогащение этих руд может производиться отсасыванием или разделением на наклонных плоскостях.

Обогащение на наклонных плоскостях. Перед обогащением на плоскостях (рис. 27) руда классифицируется в цилиндрических сортовках, имеющих угол наклона 4—5°.

Сортовки имеют основную сетку из проволоки диаметром не менее 2 мм и поддерживающую сетку из более толстой проволоки с крупными отверстиями. В сортовке руда разделяется на три-четыре класса: мелочь менее 0,2 мм; продукт, содержащий асбест пятого-шестого сортов; продукт, содержащий асбест третьего-четвертого сортов, и продукт, содержащий асбест первого-второго сортов. Каждый продукт, за исключением первого, состоящий из однородных по размеру, но разнородных по характеру зерен руды и волокон асбеста, обогащается на наклонных плоскостях, установленные непосредственно под сортовками, обычно спаренными (две сортовки работают на одну систему плоскостей).

В один прием обогащения на плоскостях нельзя получить достаточно чистый концентрат; последний подвергается перечистке на плоскостях с иным режимом их работы.

Хвосты и промежуточный продукт, получающийся при обогащении на плоскостях, направляются для дробления в валковые дробилки или дезинтеграторы с последующей обработкой в сортовках с плоскостями при другом режиме их работы.

Из-за малой производительности и трудности извлечения волокна мелких классов этот метод не имеет распространения, но может применяться в комбинации с другими методами.

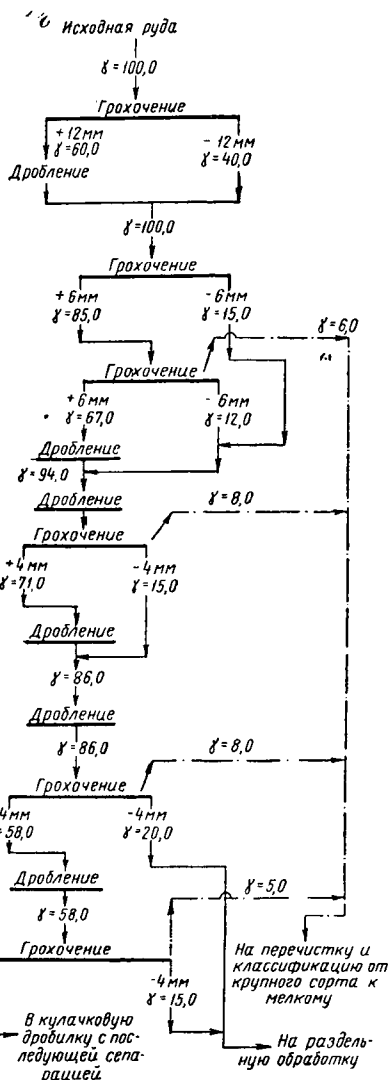


Рис. 28. Принципиальная схема обогащения высокосортных руд методом отсасывания

Обогащение отсасыванием. Обогащение высокосортных руд ручной добычи отсасыванием характеризуется развитой схемой дробления с малой степенью дробления по стадиям и строгим режимом отсасывания концентратов. Для максимального сохранения текстуры длиноволокнистого асбеста в первой, второй, третьей, а иногда и в четвертой стадиях дробления устанавливают валковые дробилки, в четвертой и пятой стадиях — дезинтеграторы, и в шестой — кулачковые дробилки.

Валковые дробилки хорошо сохраняют текстуру длиноволокнистого асбеста, но плохо подготавливают волокно к отсасыванию.

Поэтому продукт после валковой дробилки иногда направляется для подпушки в дезинтегратор с уменьшенным числом оборотов и с меньшим количеством пальцев в корзинах.

Перечистка и классификация концентратов производятся так же, как и при обогащении рядовых руд.

Извлечение асбеста при обогащении отборных руд составляет 95—98%. Средняя запыленность продукции 7—8%. Удельный выход сортов:

I=8—10%; II=15—18%; III=25—30%; IV=10—12%; V=25—15%; VI=17—15%.

Принципиальная схема обогащения высокосортных руд методом отсасывания с примерными выходами продуктов приведена на рис. 28.

Обогащение руд механизированной добычи

В последние годы в широких масштабах внедряется обогащение высокосортных руд без предварительной рудоразборки в карьере. Руда, полученная массовым обрушением на участках с высокосортным асбестом, подается на фабрику. Фабрика имеет мощный ДСК с рудоразборкой или с извлечением концентрата грохочением и сепарацией, а также два цеха обогащения: рядовых руд и высокосортных руд.

В свою очередь, цех рядовых руд может состоять из двух цехов: один для обработки руды обогащенного потока и другой для обработки руды обедненного (разубоженного) потока.

К обогащенному потоку относится нижний продукт грохочения исходной руды в ДСК, в котором концентрируется основная масса волокна.

Верхний продукт грохочения, в котором содержание асбеста ниже, чем было в исходной руде, за счет выделения свободного волокна в просев, называется обедненным или разубоженным.

Качество волокна по длине в обедненном потоке ниже, чем в обогащенном. Оба потока обрабатываются по несколько отличным технологическим схемам.

При обогащении рудоразборкой руда после дробления в щековой и конусной дробилках разделяется на три класса: —25 мм; 25—50 мм; 50—100 мм. Такое разделение облегчает рудоразборку,

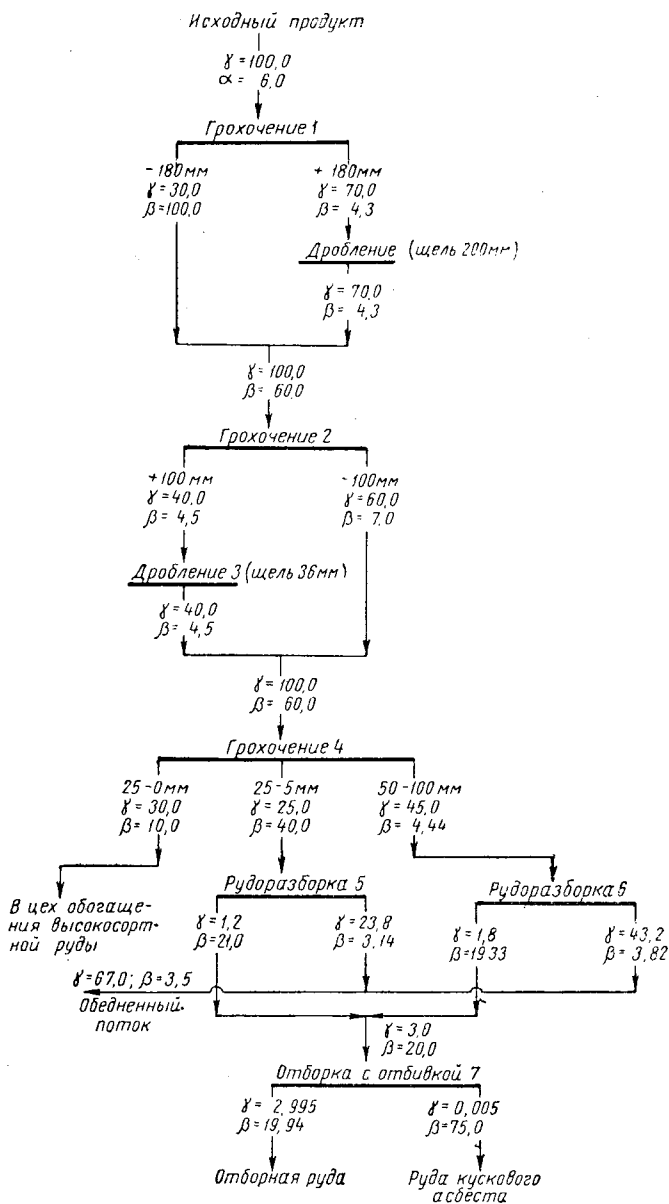


Рис. 29. Качественно-количественная схема ДСК

так как выбирать руду с длинноволокнистым асбестом из однородного продукта при отсутствии в нем мелочи значительно удобнее. Класс —25 мм содержит некоторое количество длинноволокнистого асбеста (иголки), и он сразу направляется в цех обогащения для получения высших сортов. Оставшиеся два класса руды раздельно подвергаются рудоразборке на ленточных конвейерах.

Отборная и кусковая руда обогащаются раздельно в цехе обогащения высокосортных руд, а разубоженный поток — в цехе обогащения рядовых руд.

Руда обогащенного потока, кроме кусковой, обрабатывается в цехе обогащения по схеме, аналогичной обогащению рядовых руд, но с применением дробильных валков и в ином технологическом режиме.

Принципиальная схема ДСК с применением рудоразборки с ориентировочным выходом продуктов приведена на рис. 29.

Выборка руды кускового асбеста из большого количества руды на конвейерных лентах является недостаточно эффективной и малопродуктивной операцией. К тому же при такой схеме недостаточно сохраняется текстура волокна. Поэтому извлечение концентрата с длинным волокном намечается производить из просевов грохотов ДСК, работающих до первой стадии дробления и после первой и второй стадий.

Получение руды кускового асбеста при этой схеме возможно путем концентрации ее в определенных средних классах грохочения при подборе сит с соответствующими по форме и размерам отверстиями.

Обогащение руды кускового асбеста

Руда кускового асбеста, полученная при ручной добыче в карьере, рудоразборкой на фабрике или при извлечении ее из определенных классов руды грохочением, обрабатывается отдельно от остальных руд (рис. 30). Во избежание возможной порчи волокна при обычных способах транспортирования рядовых руд такую руду перевозят в металлических банках.

Перед обработкой руда сушится в печах подового типа при температуре 150—200°С. В тех случаях, когда руда содержит незначительное количество влаги, ее обрабатывают без сушки.

Обычно содержание асбеста в кусковой руде асбеста 80—85%, при содержании волокна на I сите контрольного аппарата 35—50%, на II сите 30—35% и на III сите 10—16%.

Эта руда обогащается вручную, отбойкой молотком примазок пустой породы с боков или торцов кускового асбеста.

После сушки руда подвергается грохочению на ситах с отверстиями 8 мм (см. рис. 30). Подрешетный продукт, состоящий из кусков и иголок более короткого асбеста и сопутствующей породы, является отходами цеха. Надрешетный продукт подвергается ручной разборке с разделением на продукты, содержащие асбест,

имеющий в поперечнике более 5 мм и менее 5 мм. Второй продукт содержит иголки и распушенное волокно.

Первый продукт подвергается ручной отбойке с последующей сортировкой по длине на классы +18 мм —18 +12 мм.

Выделенная при отбойке порода и сростки асбеста с породой

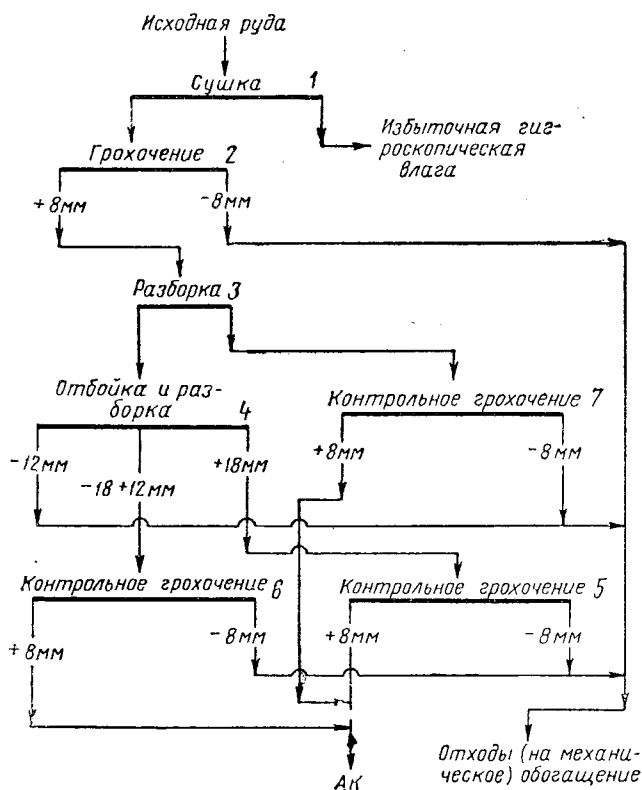


Рис. 30. Принципиальная схема обработки руды кускового асбеста

являются отходами цеха. Продукты контрольного грохочения 5—6—7 представляют собой асбест марки АК.

Рабочее место отбойщика представляет собой участок стола шириной 0,8—1 м и длиной 1,2—1,5 м, обитый листовой сталью. Стол имеет борта высотой 0,1—0,15 м, на столе имеется наковальня. Отбойщик сидит на жестком винтовом стуле, дающем возможность поворачиваться по окружности.

Выход кускового асбеста из руды составляет 75—80%.

Поскольку необходимо сохранить асбест в форме куска, в нем остается некоторое количество короткого волокна и примазок пустой породы на торцах кусков.

В среднем в кусковом асбесте содержится: сростков и породы в виде примазок 0,6—1%, породы в свободном состоянии 0,7—1% и короткого волокна 1,7—2%.

Отходы обогащения кусковой руды представляют собой богатый концентрат с текстильным волокном асбеста и обрабатываются отдельно в цехе обогащения высокосортных руд.

Общий выход товарного асбеста при обогащении отходов кускового асбеста составляет около 75% при удельном выходе I и II сортов не менее 80%.

Обогащение руды кускового асбеста может производиться и механизированным способом с применением валковых дробилок.

При этом извлечение длиноволокнистого асбеста производится классификацией на грохотах или отсасыванием с предварительной подпушкой в дезинтеграторе.

При механизированной обработке руды кускового асбеста сохраняется текстура и длина волокна, сводится до минимума содержание примазок и короткого волокна в готовой продукции, но готовый продукт теряет форму куска.

Глава IX

ОБОГАЩЕНИЕ РУД АНТОФИЛЛИТ-АСБЕСТА

Обогащение руды антофиллит-асбеста осуществляется многостадиальным дроблением с последующим отделением вскрытого волокна асбеста от сопутствующей породы (рис. 31).

При обогащении отсасыванием производится многостадийное дробление с достаточно сильной распушкой волокна (в отличие от хризотилового асбеста) с целью максимального освобождения волокна от сопутствующих пород. Обогащение основано на различии в форме и величине частиц, получаемых при дроблении.

Оно производится путем просева талька и магнезита на грохоте. При этом извлечение волокна бывает не более 60—65%.

Породы и минералы, содержащиеся в руде антофиллит-асбеста, обладают весьма различными физическими свойствами.

Тальк гидрофобен и поддается флотации, как и магнезит, кроме того, последний растворим в кислоте. Для этих пород применимы различные комбинации сухого и мокрого, флотационного и химического разделения порообразующих минералов антофиллита, талька и магнезита.

Несмотря на широкие возможности применения различных методов обогащения, руда антофиллитового асбеста пока обогащается методом отсасывания, являющимся наиболее простым и обеспечивающим требуемое качество готовой продукции.

Обычно на фабрику поступает руда крупностью 250—300 мм, со средним содержанием промышленного асбеста 6—8% и при

остатке волокна на II сите контрольного аппарата 0,7—4% и на III сите 40—60%.

Обработка руды антофиллит-асбеста включает сушку, дробление в пять-семь стадий, грохочение, извлечение черновых концент-

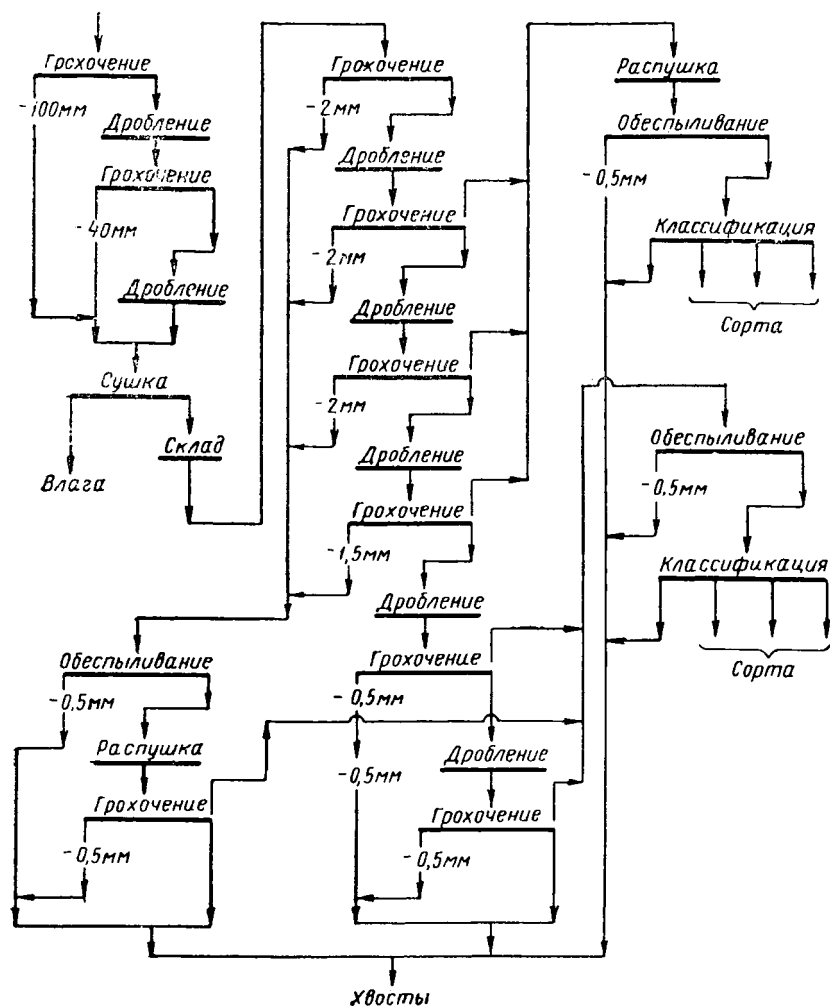


Рис. 31. Принципиальная схема обогащения руды антофиллит-асбеста

ратов, перечистку их и классификацию волокна на товарные сорта.

Сушка руды осуществляется в сушильных барабанах. В связи с тем, что волокно антофиллит-асбеста легко деформируется и не переносит высоких температур, сушка производится при темпера-

туре около 300° и непродолжительном пребывании руды в аппарате по сравнению с рудами хризотил-асбеста.

Для дробления руды в первой и второй стадиях применяются щековые и конусные дробилки; в третьей, четвертой и пятой — молотковые или валковые дробилки и дезинтеграторы, а в шестой — кулачковые дробилки.

Коэффициент условного прироста общего содержания асбеста в руде по фабрике составляет 1,3—1,4.

Общий выход черновых концентратов 15—18% исходной руды при содержании в них асбеста 65—70%. Извлечение асбеста 80—85%. Выход товарных сортов асбеста от исходной руды 12—14%.

Удельный выход товарных сортов составляет:

I сорт	8—10%	IV сорт	7—8%
II сорт	10—12%	V сорт	20—15%
III сорт	10—15%	VI сорт	45—40%

Глава X

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОГАЩЕННОГО АСБЕСТА

Асбест хризотилковый. Сортность асбеста хризотилового с волокном нормальной прочности в настоящее время обусловлена ГОСТ 7—60. Волокно асбеста согласно ГОСТу должно быть эластичным и неломким. В зависимости от способа извлечения товарного асбеста из руды он делится на асбест кусковой ручного обогащения и асбест механического обогащения.

Асбест кусковой марки АК, являющийся товарным сортом, должен удовлетворять следующим условиям; длина волокна не менее 18 мм, содержание иголок и распущенного волокна не должно превышать 7%, в том числе распущенного волокна должно быть не более 3%. В асбесте марки АК наличие гали и видимых невооруженным глазом просечек не допускается.

В зависимости от длины волокна асбест хризотилковый подразделяется на девять сортов и в зависимости от текстуры — на три группы:

а) асбест жесткой текстуры с преобладающим количеством иголок;

б) асбест полужесткой текстуры, содержащий примерно в равном количестве распущенное волокно и недеформированные иголки;

в) асбест мягкой текстуры с преобладанием распущенного волокна.

Асбест хризотилковый подразделяется на марки, распределяемые по сортам и текстурным группам.

Марки асбеста по своему ситовому составу, объемному весу и текстурным показателям должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 13.

Ситовый состав, объемный вес и текстура асбеста хризотилового

Текстурная группа	Сорт	Марка	Остаток (%) по весу на сите с размером стороны ячейки в свету, мм			Проходит сквозь третье сито, %	Пыль и галя, %		Текстурный показатель, мл	Объемный вес, г/л
			12,7 I сито	4,8 II сито	1,35 III сито		Всего	В том числе галя		
Жесткая	0	ДВ-0-80	80	10	8,4	1,6	—	—	—	—
	0	ДВ-0-55	55	30	13,0	2,0	—	—	—	—
	I	Ж-I-50	50	26	21,0	3,0	—	—	1000	—
	I	Ж-I-38	38	24	24,0	4,0	—	—	900	—
	II	Ж-II-20	20	47	28,0	5,0	—	—	850	—
	III	Ж-III-40	0	40	48,0	12,0	2,0	0,5	700	—
	IV	Ж-IV-20	0	20	50,0	30,0	5,0	0,5	650	—
Полужесткая	II	ПРЖ-2-30	30	50	15,0	5,0	—	—	1200	—
	II	ПРЖ-2-15	15	60	19,0	6,0	—	—	1100	—
	II	П-II-30	30	53	13,0	4,0	—	—	1350	—
	II	П-II-15	15	65	15,0	5,0	—	—	1300	—
	III	П-III-70	—	70	20,0	10,0	3,0	0,5	1200	—
	III	П-III-60	—	60	30,0	10,0	3,0	0,5	1100	—
	III	П-III-50	—	50	35,0	15,0	3,0	0,5	1000	—
	IV	П-IV-35	—	35	45,0	20,0	4,5	0,5	900	—
	IV	П-IV-20	—	20	58,0	22,0	5,0	0,5	850	—
	IV	П-IV-5	—	5	70,0	25,0	5,5	0,5	800	—
Полужесткая	V	П-V-65	—	—	65,0	35,0	13,0	1,5	550	—
	V	П-V-50	—	—	50,0	50,0	14,0	1,5	500	—
	VI	П-VI-40	—	—	40,0	60,0	21,0	2,0	450	—
Мягкая	III	М-III-55	0	55	33,0	12,0	3,0	0,5	1350	—
	IV	М-IV-10	0	10	65,0	25,0	5,0	0,5	1050	—
	IV	М-IV-5	0	5	70,0	25,0	5,5	0,5	900	—
Мягкая	V	М-V-60	0	0	60,0	40,0	12,0	1,5	750	—
	VI	М-VI-40	0	0	40,0	60,0	19,5	2,0	600	—
	VI	М-VI-30	0	0	30,0	70,0	21,0	2,0	550	—
	VI	К-VI-30	0	0	30,0	70,0	24,0	2,0	—	—
	VI	К-VI-20	0	0	20	80,0	27,0	2,0	—	—
	VI	К-VI-50	0	0	5,0	95,0	25,0	1,5	—	320
	VII	VII-370	—	—	—	—	—	—	—	370
	VII	VII-450	—	—	—	—	—	—	—	450
	VII	VII-520	—	—	—	—	—	—	—	520
	VIII	VIII-750	—	—	—	—	—	—	—	750

- В условных обозначениях марок асбеста буквы обозначают:
- АК — асбест кусковой длинноволокнистый жесткой текстуры;
 - ДВ — асбест длинноволокнистый жесткой текстуры;
 - Ж — асбест жесткой текстуры;
 - ПРЖ — асбест марок промежуточных, между жесткой и полужесткой текстурой;
 - П — асбест полужесткой текстуры;
 - М — асбест мягкой текстуры;
 - К — асбест камерный мягкой текстуры, получаемый из продуктов пылеулавливающих устройств.

Цифровые показатели в обозначении марок указывают; первый — сорт асбеста; второй — гарантируемый минимальный остаток волокна в процентах для данной марки на основном сите контрольного аппарата, а для седьмого и восьмого сортов — объемный вес.

Асбест марок АК, ДВ-0-80, ДВ-0-55, Ж-1-50, Ж-1-38, Ж-11-20, Ж-11-40, ПРЖ-11-30, ПРЖ-11-15, П-11-30 и П-11-15 предназначается в основном для производства текстильных изделий и поэтому называется текстильным.

Асбест полужесткой и мягкой текстуры третьего, четвертого и пятого сортов, а также марок П-VI-40 и М-VI-40 предназначается в основном для производства асбестоцементных изделий.

Асбест марок К-VI-30 и К-VI-20 предназначается в основном для теплоизоляционных целей и производства пластических масс.

Асбест марки К-VI-5 предназначается в основном для производства асбестосмоляных плиток.

Обозначение «0» (нуль) в остатках на ситах контрольного аппарата указывает на то, что остаток на данном сите может отсутствовать. Если же такой остаток имеется, то при определении марки асбеста его суммируют с остатком на нижеследующем сите.

Допускается при повышении остатка на основном сите против установленных норм соответствующее его уменьшение на последующем сите с тем, однако, чтобы сумма обоих остатков была не менее предусмотренной в табл. 13.

Основным ситом при определении сорта считается: для асбеста нулевого I и II сортов — I сито контрольного аппарата, для асбеста III и IV сортов — II сито контрольного аппарата и для асбеста V и VI сортов — III сито контрольного аппарата.

Текстурные показатели не являются браковочными, а служат для характеристики асбеста. Текстура волокна товарного асбеста, кроме текстурных показателей должна соответствовать текстуре контрольных образцов — эталонов, утвержденных Свердловским совнархозом. Эталоны асбеста хранятся у поставщиков и потребителей асбеста, а также в институтах НИИасбест и НИИасбестцемент.

Асбест хризотилковый ломкий обусловлен временными техниче-

скими условиями*. Он предназначен в основном для бумажной промышленности, где употребляется для изготовления фильтрующего картона.

Асбест хризотилковый ломкой разновидности характеризуется малой прочностью и большой жесткостью волокон.

В зависимости от способа извлечения асбеста из руды он подразделяется на асбест ручного обогащения (кусовой асбест), состоящий из кусков асбеста и недеформированных иголок, и асбест механического обогащения.

Длина волокна кускового асбеста должна быть: для сорта АЛК-I не менее 18 мм, для сорта АЛК-II не менее 12 мм.

Условное обозначение АЛК означает асбест ломкий кусковой. В асбесте кусковом не должно быть гали и видимых невооруженным глазом просечек и включений других минералов.

Асбест, полученный в результате механического обогащения, в зависимости от длины волокна разделяется на два сорта, нормы ситового состава которых приведены в табл. 14.

Таблица 14

Нормы ситового состава асбеста хризотилового ломкого

Сорт	Марка	Остаток (% по весу) на первом комплекте сит контрольного аппарата		
		I+II сито	III сито	IV сито
I	Л-I-60	Не менее 60	35	5
II	Л-II-50	50	42	8

Асбестовое волокно должно быть достаточно ломким, неэластичным и иметь жесткую текстуру.

Асбест должен обладать свойствами легко распушаться, расщепляясь при этом на тонкие иглообразные волокна.

Асбест антофиллитовый представляет собой продукт, полученный из асбестовой руды посредством механического обогащения. Он состоит в основном из непрочных на разрыв отдельных волокон, минерала антофиллита с некоторой примесью талька и магнезита. Асбест антофиллитовый обладает высокой кислотостойкостью, характеризуемой наличием незначительного количества растворимых примесей. Согласно техническим условиям 1953 г., он делится на шесть сортов, каждый из которых должен соответствовать следующим нормам по растворимости и по остатку волокна на третьем сите контрольного аппарата (табл. 15).

По дополнительным техническим условиям 1958 г. вырабатываются еще два сорта: «смеска» — при содержании растворимых примесей не более 17%, остатке волокна на III сите контрольного аппарата не менее 42% и при содержании пыли не более 13%, а также особый, пятый сорт, отличающийся от сорта АН-V только

* Технические условия на асбест хризотилковый ломкий в настоящее время уточняются.

Технические условия на асбест антофиллитовый

Показатели	Нормы по сортам					
	АЕ-I	АН-II	АН-III	АН-IV	АН-V	АН-VI
Содержание растворимых примесей (%), не более	13	16	17	18	19	22
Содержание волокна на третьем сите контрольного аппарата (%), не менее	60	50	40	30	12	5
Содержание пыли (%), не более	9	11	13	16	20	23

том, что содержание в нем растворимых примесей должно быть 13%, а не 19%.

По текстуре сорта асбеста антофиллитового не контролируются.

Допустимые отклонения остатка волокна асбеста на III сите

Таблица 16

Асбестовые изделия и применяемые для их изготовления сорта асбесте

Асбестовые изделия и материалы	Главнейшие виды асбестовых изделий	Применяемый асбест	
		вид асбеста	сорт
Асбестовые текстильные материалы и изделия	Огнезащитные ткани и костюмы, тормозные ленты, уплотняющие прокладки, набивки, электроизоляционная лента и шнуры, тканые диски сцепления	Хризотил	Кусковой асбест I, II, III
Асбестоцементные изделия	Асбестоцементные кровельные стеновые плиты, облицовочные и отделочные листы и плиты, электроизоляционные доски, асбестоцементные трубы водопроводные и канализационные, строительные детали и конструкции	То же	III, IV—V—VI
Асбестовые листы	Асбестовые картон, бумага, диски сцепления, кислотостойкие фильтры и прокладки	Хризотил-антофиллит	IV—V—VI—III—IV—V
Асбестовые термоизоляционные материалы	Асбестовая гофрированная бумага и сегменты. Композиционные асбестовые материалы, асбестомагнезиальная изоляция	Хризотил	II—III—IV—V
	Асбесто-диатомовая изоляция и пр.	То же	III—IV—V—VI—III—IV
Асбесто-резиновые листы	Уплотняющие прокладки	Хризотил	III—IV
Асбесто-битумные материалы	Кровельные материалы (асбестовый рубероид)	То же	IV—V—VI
	Гидроизоляционные материалы типа бурулина	"	V—VI
Асбесто-бакелитовые материалы	Дорожные покрытия	"	VII
	Тормозные колодки	"	IV—V—VI
Асбестовые цементы	Материал для кислотостойкой аппаратуры (фаолит)	Антофиллит	III—IV—V—VI
	Композиция для огнезащитных и термоизоляционных образцов	Хризотил	VII

контрольного аппарата в сторону уменьшения и растворимости в сторону увеличения принимаются равными 1% от предусмотренных норм.

Сорта асбеста антофиллитового имеют следующие потери при прокаливании (техническими условиями не контролируются):

I сорт	6%	IV сорт	8%
II сорт	7%	V сорт	9%
III сорт	7%	VI сорт	10%

Область применения асбеста

Товарный (сортовой) асбест имеет большое народнохозяйственное значение. Номенклатура асбестовых изделий и изделий, куда асбест входит в качестве одного из компонентов, достигает более 3000.

Волокнистая структура асбеста является одним из главнейших свойств, используемых при производстве этих изделий. Это свойство позволяет применить его и для производства текстильных материалов.

В табл. 16 приведены главнейшие виды и группы асбестовых изделий, а также виды и сорта асбеста, применяемого для их изготовления.

Структура потребления асбеста в СССР

Группа асбестовых материалов и изделий	Потребление асбеста, %
Асбестовые текстильные материалы и изделия	4,0
Асбестоцементные изделия	35,0
Асбестовые термоизоляционные материалы	16,5
Асбестовые листы (картон, бумага)	25,0
Асбестовые листы	4,0
Асбестовые материалы	5,0
Асбесто-бакелитовые материалы (фаолит)	0,1
Строительная промышленность	3,5
Прочие	6,9

Глава XI

ДРОБИЛЬНО-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Щековые дробилки. В асбестовой промышленности применяются щековые дробилки с верхней осью подвеса подвижной щеки.

Дробилка работает по принципу раздавливания кусков руды путем прерывного нажатия на них качающейся щеки.

Размер дробилки определяется шириной и длиной приемного отверстия. Ширина приемного отверстия лимитирует размер кусков, поступающих в дробление, так как максимальный кусок должен быть не более 0,8 ширины приемного отверстия.

Величина разгрузочного отверстия обуславливает производительность дробилки при заданной максимальной крупности дробленого продукта и оптимальном числе качаний подвижной щеки.

Величина разгрузочного отверстия определяется в момент максимального удаления подвижной щеки от неподвижной, замером

расстояния между выступом нарифления одной щеки и впадиной нарифления другой.

Щековая дробилка размером 1200×1500 конструкции Уралмашзавода (рис. 32) состоит из стального корпуса 1 и двух дробящих щек: неподвижной 3 и подвижной 4, подвешенной на оси 2 под углом не более 25° относительно неподвижной щеки и имеющей размах качания $25\text{--}60$ мм. Эксцентриковый вал 7 несет на себе шатун 6, упирающийся в две распорные плиты 5, 8.

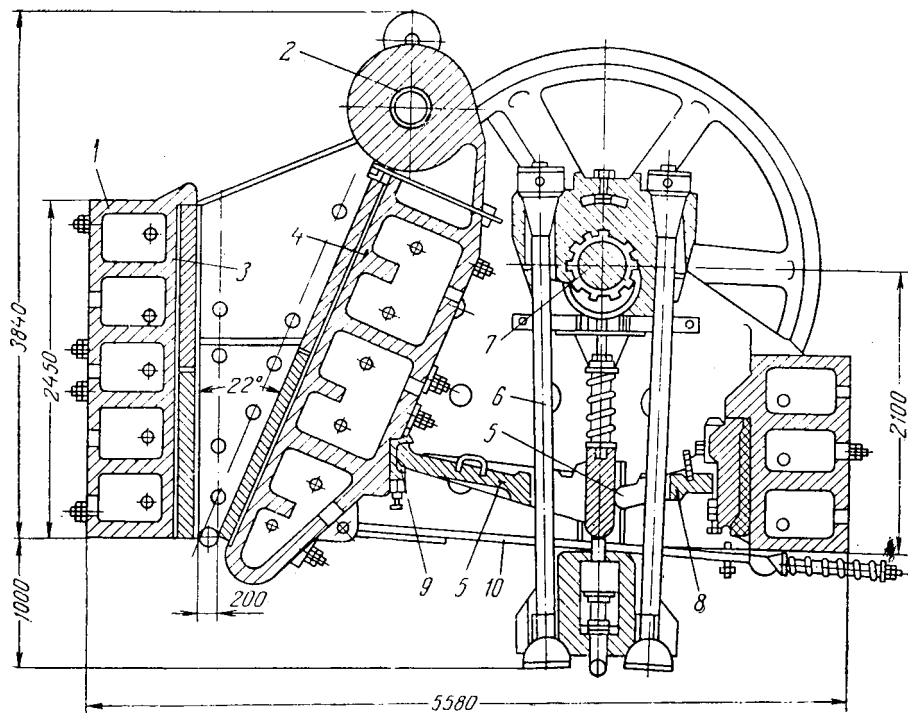


Рис. 32. Щековая дробилка Уралмашзавода 1200×1500 мм

Щеки дробилки футеруются сменными плитами из марганцовистой стали, имеющими на рабочей поверхности нарифления, расположенные по вертикали.

Впадины нарифления одной щеки соответствуют выступам нарифлений другой.

Вал 7 приводится в движение через маховичный шкив и клиноременную передачу от электродвигателя и в свою очередь приводит в движение шатун, совершающий колебательные движения вверх и вниз. Вместе с шатуном изменяют свое положение и распорные плиты, которые одним концом входят во вкладыши 9.

При попадании в дробилку твердых предметов возможна авария, для предотвращения которой предусматривается соответствующая защита, которая обеспечивается легко заменяемыми пли-

тами, ломающимися при повышенной против нормы нагрузке или специальным приспособлением (рис. 33). В нижней части шатуна имеется пуансон и матрица, между которыми вставляется заменяемая предохранительная металлическая пластина.

Толщина пластины принимается 28—30 мм, что обеспечивает восприятие дробилкой нормальных усилий. Работа щековой дробилки происходит следующим образом.

При вращении эксцентрикового вала укрепленный на нем шатун в момент своего движения в крайнее верхнее положение давит на распорные плиты, увеличивая угол между ними и шатуном, приближает нижнюю часть подвижной щеки к неподвижной, в результате чего происходит дробление.

При обратном ходе шатуна в крайнее нижнее положение подвижная щека под влиянием своего веса стремится занять вертикальное положение, чему способствуют и пружины 9 (рис. 32) с тягами 10, оттягивающие подвижную щеку от неподвижной, отчего уменьшается угол между шатуном и распорными плитами, увеличивается до максимума разгрузочное отверстие и происходит разгрузка дробленой руды.

Смазка коренных подшипников осуществляется автоматически от масляного насоса.

Для того чтобы куски руды при дроблении не выскакивали вверх из приемного отверстия дробилки, необходимо, чтобы угол захвата был в указанных ранее пределах.

Регулировка разгрузочной щели производится перестановкой регулировочных клиньев или сменой распорных плит.

Степень дробления при предельно крупном питании и максимальной разгрузочной щели достигает 4—5.

Производительность дробилок зависит от ряда факторов, определяемых свойствами руды (прочность, вязкость, удельный вес, влажность), конструкцией и размерами дробилки, а также условиями ее работы (степень дробления, полнота загрузки, равномерность подачи продукта).

Теоретическая производительность щековой дробилки определяется по формуле

$$Q = 0,15\mu\gamma n l S d, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где μ — коэффициент разрыхления (0,25—0,5);

γ — удельный вес дробимого продукта, кг/см³;

n — число качаний подвижной щеки в минуту;

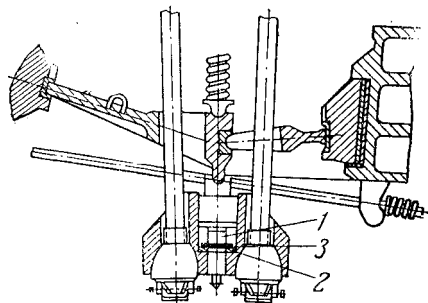


Рис. 33. Предохранительное устройство:

1 — пробойник, 2 — матрица, 3 — предохранительная пластина

- l — длина разгрузочной щели, см;
 S — ход щеки, см;
 d — ширина разгрузочной щели, см.

Загрузка дробилки должна быть равномерной и производиться таким образом, чтобы ось питающего механизма совпадала с осью дробилки. Более правильно было бы руду направлять на неподвижную щеку, но в этом случае весь механизм дробилки оказался бы под питателем, что затруднит его ремонт. Поэтому дробилку обычно устанавливают так, чтобы руда равномерно поступала в загрузочное отверстие вертикально или с небольшим ударом в подвижную щеку.

Для свободного выпуска дробимого продукта угол выводящего желоба должен быть не менее 45—50°.

Техническая характеристика щековых дробилок приведена в табл. 17.

Таблица 17

Техническая характеристика щековых дробилок

Показатели	Размер дробилок (ширина умноженная на длину), мм								
	100×150	175×250	250×400	400×600	500×800	600×900	900×1200	1200×1500	1500×2100
Наибольший размер загружаемых кусков, мм	—	150	250	350	400	500	650	850	1100
Предел регулировки разгрузочной щели, мм	12—	15—	35—	50—	60—	75—	150—	200—	250—
	15	40	80	100	125	150	200	250	300
Производительность, т/ч	0,5—	2,5—	10—	25—	35—	45—	140—	250—	400—
	1	5	25	55	100	120	200	350	500
Максимальная степень дробления	—	10	5—10	8	6	6	6	4	4
Максимальная скорость вращения вала, об/мин	350	300	275	250	225	225	175	150	125
Установочная мощность, квт	1,5	6	10	24	40	75	100	175	240
Основные размеры, мм:									
длина	900	1200	1700	1900	2200	2500	4600	5700	7910
ширина	700	1200	1400	1700	2000	2800	3764	4450	5730
высота	1300	1700	2200	2700	2900	3750	4500	4840	4900
Вес машины, т	0,5	3,0	5,0	5,6	25,0	14,1	75,0	139,0	200,0

Работая в первой стадии крупного дробления, при небольшой степени дробления, эти дробилки не оказывают ощутимого отрицательного влияния на текстуру асбестового волокна.

Характеристика продуктов по крупности до и после дробления асбестовой руды в щековой дробилке при разгрузочной щели 200 мм приведена на рис. 34.

Вскрытие волокна составляет 1—1,5%, а условного прироста общего количества асбеста в процессе дробления не наблюдается.

Свободное волокно в продукте до и после дробления концентрируется в классе —12 ±0 мм.

Конусные (гирационные) дробилки. По назначению и характеру выполняемой работы различают два типа конусных дробилок: для крупного дробления и для среднего и мелкого дробления.

Дробилки для крупного дробления имеют крутой конус на вертикальном валу. В зависимости от способа установки вертикального вала и способа разгрузки дробленого продукта эти дробилки бывают с опорной пятой внизу или с подвесом вала наверху, с боковой или центральной разгрузкой.

Дробилки среднего и мелкого дробления имеют пологий конус на вертикальном валу. Эти дробилки изготовляются трех типов: с нормальным конусом для среднего и мелкого дробления, средние и короткоконусные для мелкого дробления.

Принципиальное отличие этих дробилок заключается в конфигурации дробящего пространства, зависящей от различной формы подвижной и неподвижной брони.

Конусная дробилка для крупного дробления с верхней опорой вертикального вала (рис. 35) состоит из чугунного корпуса 1 с внутренней конической или цилиндрической рабочей поверхностью и дробящей конусной головки, насаженной на вертикальный вал, ось которого при движении описывает коническую поверхность.

Дробление руды происходит непрерывно, раздавливанием ее при сближении поверхностей подвижного и неподвижного конусов.

Внутренняя рабочая поверхность верхней части корпуса футеруется сменными плитами 2 из марганцовистой стали.

Подвижный конус состоит из чугунного корпуса 3 с футеровкой 5, насаженного на вертикальный вал 4, верхний конец которого шарнирно подвешен к крестовине 6, футерованной сменными плитами 7. Нижний конец вала помещен в эксцентрик 8, вращающемся в стальной втулке 9.

Привод эксцентрика осуществляется конической зубчатой передачей 10, 11. Приводной вал 12 вращается в подшипниках с кольцевой смазкой. Трущиеся поверхности смазываются через напорную магистраль смазочной системы, присоединенную к штуцеру 13.

Конусные дробилки для крупного дробления характеризуются размером наибольшей ширины загрузочного кольцевого пространства.

Большим преимуществом этих дробилок является способность работать под завалом. Питание дробилок может производиться

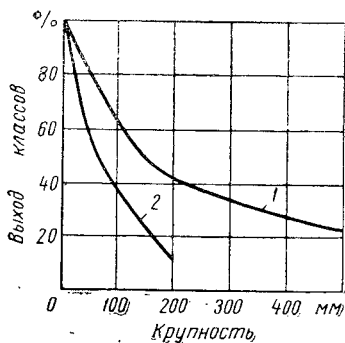


Рис. 34. Характеристика продуктов по крупности в щековой дробилке:

1 — до дробления, 2 — после дробления

непосредственно из вагонов или автосамосвалов без дополнительных питающих устройств.

Производительность этих дробилок прямо пропорциональна

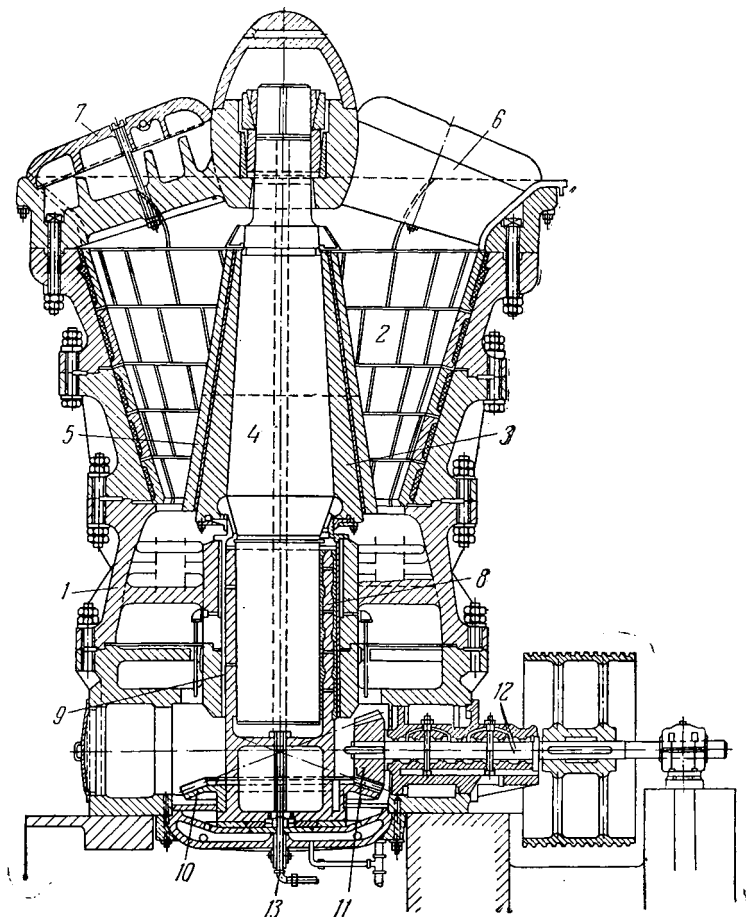


Рис. 35. Конусная дробилка для крупного дробления

ширине выпускной щели и диаметру дробящего конуса в степени 2,5:

$$Q = K\delta D_a^{2,5}l, \text{ м/ч,}$$

где K — опытный коэффициент (для дробилок с боковой разгрузкой $K=0,98$);

δ — насыпной вес руды;

D_a — «активный» диаметр дробящего конуса (в плоскости торца неподвижной брони), м;

l — ширина выпускной щели, мм.

Техническая характеристика дробилок приведена в табл. 18.

Техническая характеристика конусных дробилок для крупного дробления

Показатели	Вид разгрузки			
	центральная	боковая	боковая	боковая
Ширина загрузочного отверстия, мм	500	900	1200	1500
Ширина разгрузочной щели, мм . . .	75	125	145—225	200
Производительность, т/ч	160	360	700—1100	1500—2100
Вес, т	37,5	147,6	218	511
Основные размеры, мм:				
длина	6500	5500	7630	8600
ширина	8250	6250	4540	12 380
высота	5920	6660	7180	10 290
Число качаний конуса в минуту . . .	140	125	110	94
Мощность электродвигателя, квт . .	130	170—200	260—280	400
Скорость вращения приводного вала, об/мин	350	375	275	240

Конусная дробилка с нормальным конусом применяется во второй и третьей стадиях среднего дробления.

Эти дробилки работают по принципу непрерывного раздавливания и излома руды между двумя усеченными конусами — подвижным и неподвижным. Подвижный конус расположен эксцентрично по отношению к первому. Основным показателем, по которому судят о размере и производительности дробилки, является диаметр основания подвижного конуса.

Конусная дробилка (рис. 36) состоит из чугунного корпуса 1, внутри облицованного сменными плитами. На корпусе смонтировано установочное кольцо 2, соединенное с ним болтами 3 через пружины 4. Установочное кольцо имеет внутреннюю нарезку, на которую навинчивается чаша 5 с футеровкой 6. На чаше смонтирован цилиндр 7 с направляющей воронкой 8. В нижней части корпуса крепится наружная втулка 9 эксцентрика 10 и внутренняя втулка. Эксцентрик опирается на подпятник 11. Над эксцентриком на корпусе смонтирована сферическая опора 12, имеющая бронзовую обкладку 13. Во внутреннюю втулку входит вал 14, на котором насажен внутренний конус 15, опирающийся нижней частью на бронзовую обкладку, образуя шаровой подшипник. На наружной части внутренней головки рабочего конуса установлена коническая футеровка 16. На верхнем конце вертикального вала укрепляется распределительный диск 17, служащий для равномерной подачи руды. В верхней части эксцентрика крепится коническая шестерня 18, соединенная с шестерней приводного вала 19. На вал насажен шкив 20. Смазка дробилки осуществляется насосом.

Регулировка выпускной щели производится с помощью лебедки 21 и цепи 22, путем навинчивания или свинчивания верхней ча-

сти дробилки и уменьшения или увеличения этим расстояния между подвижным и неподвижным конусами.

Дробление руды происходит следующим образом. Руда через вертикальный загрузочный желоб (высотой не менее 0,9 м) подается на распределительный диск и при покачивании рабочего вала сбрасывается равномерно по всему кольцевому пространству,

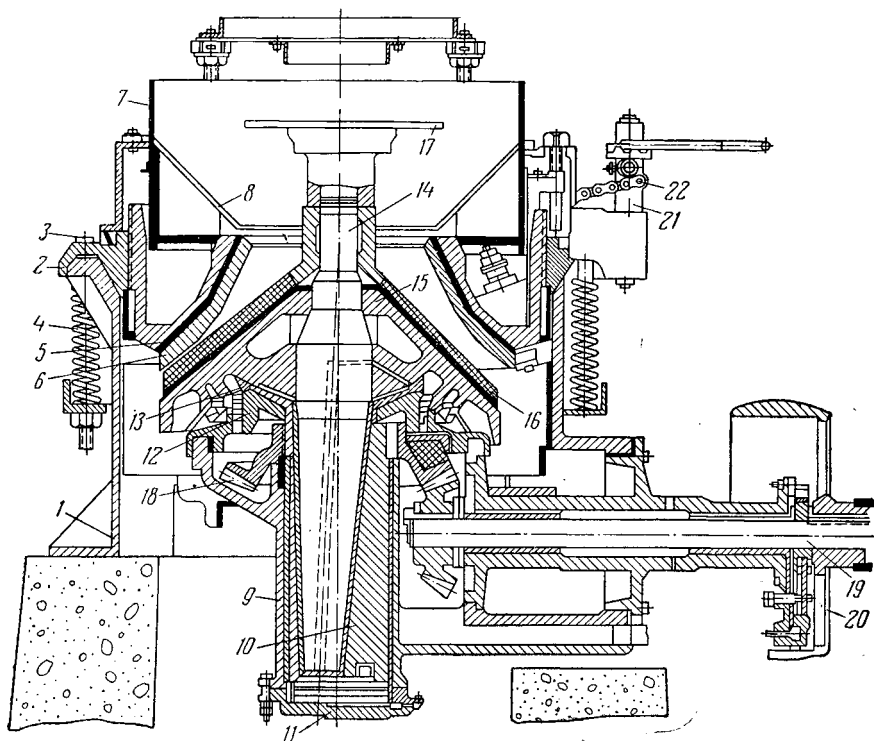


Рис. 36. Конусная дробилка с нормальным конусом

где дробится и постепенно опускается к разгрузочной щели. Степень дробления 4—10. Характеристика крупности продуктов до и после дробления асбестовой руды в конусной дробилке второй стадии приведена на рис. 37.

Производительность этих дробилок подсчитывается так же, как дробилок крупного дробления.

Техническая характеристика конусных дробилок с нормальным конусом приведена в табл. 19.

Достоинствами конусных дробилок являются большая степень дробления, высокая производительность и равномерность крупности продукта дробления при сравнительно малой удельной загрузке электроэнергии.

Равномерность крупности дробленого продукта облегчает работу аппаратов цеха обогащения.

Конусные дробилки имеют незначительный износ конусов и благодаря пружинам, обеспечивающим увеличение разгрузочной щели при попадании недробимых предметов, как, например, кусков металла, менее подвержены поломкам.

Вскрытие асбеста 3—5%, условный природ остер общего содержания асбеста 1—1,5%.

Текстура волокна асбеста при дроблении почти не изменяется, волокно остается в виде агрегатов, трудно извлекаемых отсасыванием.

Основным недостатком конусных дробилок является сложность конструкции, что обуславливает некоторую трудность их обслуживания.

Короткоконусная дробилка (рис. 38) является эффективным дробильным аппаратом для первой и второй стадий

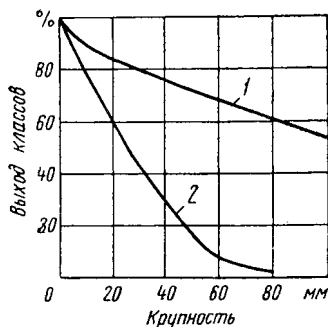


Рис. 37. Характеристика продуктов дробления по крупности в конусной дробилке второй стадии:
1 — до дробления 2 — после дробления

Таблица 19

Техническая характеристика дробилок с нормальным конусом

Показатели	Диаметр основания конуса, мм				
	600	900	1200	1650	2100
Число качаний дробящего конуса в минуту . . .	360	330	270	245	240
Ширина загрузочного отверстия, мм . . .	40—75	75—	115—	215—	280—
Производительность (т/ч) для продукта средней твердости при ширине разгрузочного отверстия, мм:		115	170	250	355
3	6,25	12,5	—	—	—
4	8,9	18	27	—	—
6	12,5	22,5	36	58	—
10	18	31,5	54	89,5	143
13	22,5	36	71,5	116	201
16	27	49	89,5	143	250
19	31,5	62,5	107	179	295
25	40	71,5	134	246	402
32	45	76	152	268	500
38	54	80	158,5	300	530
57	—	85	165	335	714
64	—	—	—	402	804
Установочная мощность электродвигателя, квт	21	37—44	75—90	110—130	200—230
Ориентировочный вес, т	5	10	25	39	63
Основные размеры, мм:					
длина	2194	2850	5450	6375	6970
ширина	1500	1950	4500	5175	5950
высота	1380	2000	4385	5050	5800

мелкого дробления. Отличительной особенностью этой дробилки является сильно развитая параллельная зона (рис. 39), благодаря чему получается равномерный по крупности продукт. Механизм движения, устройство и принцип работы этой дробилки ана-

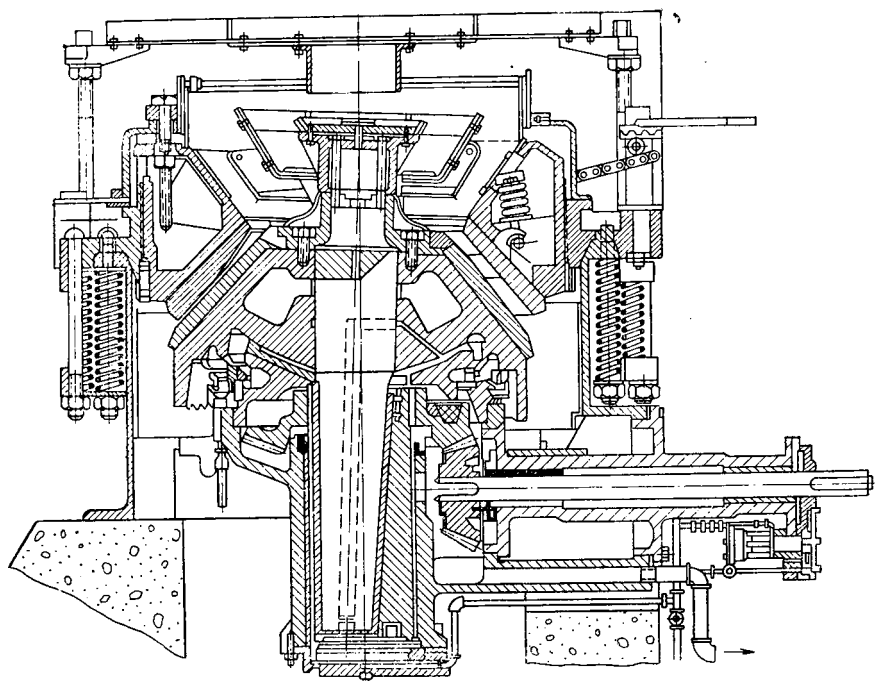


Рис. 38. Короткоконусная дробилка

логичны конусным дробилкам с нормальным конусом, за исключением формы подвижного конуса и внутренней поверхности.

Степень дробления при работе на асбестовых рудах 1,8—2,4.

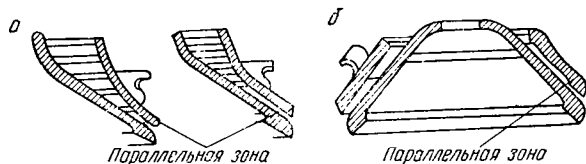


Рис. 39. Профили дробящих поверхностей:
а — дробилка с нормальным конусом, б — короткоконусная дробилка

Дробилка вскрывает волокно асбеста, не нарушая его текстуры, имея высокую производительность. Вскрытие асбеста составляет до 5—15%, а коэффициент условного прироста равен 5—10%, удельный расход электроэнергии составляет 1,5 квт·ч/т.

Характеристика продуктов по крупности до и после дробления асбестовой руды в короткоконусной дробилке с щелью 9 мм приведена на рис. 40. Короткоконусная дробилка имеет меньшее приемное отверстие, чем дробилка с нормальным конусом аналогичного размера. Техническая характеристика короткоконусных дробилок приведена в табл. 20.

Валковые дробилки. По характеру дробящих поверхностей различают дробилки с гладкими валками, в которых дробление осуществляется главным образом раздавливанием, и с зубчатыми или рифлеными валками, в которых к раздавливанию добавляется раскалывание и срезывание. Дробилки бывают одновалковые, двухвалковые и реже многовалковые.

По скорости вращения валков различают: быстроходные, в которых окружная скорость валков 4—7 м/сек; тихоходные с окружной скоростью 2—3 м/сек и дифференциальные, у которых скорость вращения валков неодинакова. При этом разность скоростей вращения валков составляет 14—20%.

Для дробления асбестовой руды применяются дифференциальные гладкие валковые дробилки, работающие по принципу раздавливания с очень незначительным истиранием и без ощутимого отрицательного воздействия на волокно асбеста.

Принцип действия валковых дробилок заключается в том, что руда раздавливается между двумя цилиндрическими поверхностями, вращающимися навстречу друг другу.

Валковая дробилка (рис. 41) устанавливается на фундамент и состоит из корпуса 1 с неподвижно закрепленными подшипниками 2 одного из дробящих валков 3, насаженного на вал 4. Вторым валок 5 насажен на вал 6, вращающийся в подшипниках 7. Эти подшипники могут перемещаться в горизонтальной плоскости с валом на салазках и находятся под постоянным действием пружин 8, прижимающих подвижный валок к неподвижному.

Подвижность одного валка обеспечивает предохранение дробилки от поломки при попадании в нее труднодробимых кусков руды и недробимых предметов.

Расстояние между валками регулируется прокладками 9.

Во избежание заклинивания руды в зонах дробления шарнирно подвешиваются на стойке стальные нашечины, регулируемые натяжным болтом и пружиной. Во избежание распространения

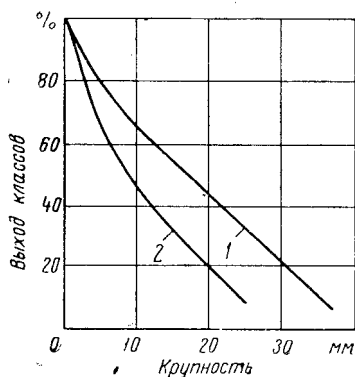


Рис. 40. Характеристика продуктов дробления по крупности в короткоконусной дробилке третьей стадии:

1 — до дробления, 2 — после дробления

Техническая характеристика короткоконусных дробилок

Показатели	Номер дробилки			
	1	2	3	4
Диаметр дробящего конуса внизу, мм	900	1200	1650	2100
Ширина загрузочного отверстия, мм:				
грубое дробление	72	82	100	130
тонкое дробление	55	62	75	88
Скорость вращения приводного вала, об/мин	580	485	485	435
Установочная мощность электродвигателя, квт	55	110	147	220
Вес дробилки, т	11	20	40	65
Вес наиболее тяжелой части, т	—	—	7,4	15
Основные размеры, мм:				
длина	2400	2750	3500	4200
ширина	1950	2300	2800	3200
высота	2000	2500	3350	4000
Максимальная крупность загружаемой руды, мм	—	45	55	70
Производительность (т/ч) при ширине выпускной щели, мм:				
3	13	18	—	—
5	18	32	60	100
6	27	45	90	135
8	—	—	96	160
10	36	68	121	216
13	45	90	157	270
15	—	—	175	290

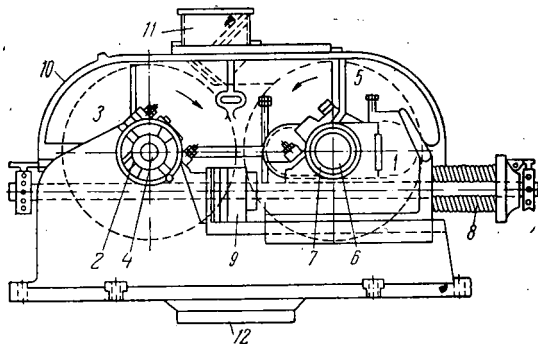


Рис. 41. Валковая дробилка

пыли при работе и для безопасности обслуживания дробилка имеет разъемный кожух 10 с загрузочной воронкой 11 и разгрузочной 12.

Загрузочная воронка должна иметь длину не менее двух третей длины вала.

Привод осуществляется от одного электродвигателя через

трансмиссию. В новых конструкциях валковых дробилок привод осуществляется от одного электродвигателя через редуктор и две штанги с шарнирами Гука.

Для нормального захвата кусков руды необходимо, чтобы угол захвата, т. е. угол, образованный двумя касательными к поверхности валков в пункте касания руды, был меньше двойного угла трения и чтобы скорость падения кусков руды в момент соприкосновения с валками была не менее периферической скорости вращения валков.

Обычно угол захвата равен 16—18°. Степень дробления около 1,5. Окружная скорость валков 4—7 м/сек. Скорость вращения обоих валков должна быть равной или скорость одного должна быть не менее 0,8 скорости другого.

Диаметр валков принимается равным 20—25-кратному диаметру наибольших кусков руды, поступающих в дробилку.

Теоретическая производительность валковой дробилки

$$Q = 0,1\gamma LRn(2a), \text{ т/ч,}$$

где γ — удельный вес руды, кг/см³;

L — длина валков, см;

R — радиус каждого валка, см;

n — скорость вращения, об/мин;

a — ширина разгрузочной щели, см.

Фактическая производительность принимается равной 0,75 от теоретической: $Q_{\text{факт}} = 0,75Q$, т/ч.

Валковые дробилки максимально сохраняют волокно асбеста, что объясняется характером их работы. Мелкие фракции руды, вновь раздробленный продукт и находящееся в руде вскрытое во-

Таблица 21

Техническая характеристика валковых дробилок

Размер валков, мм		Крупность загружаемой руды, мм	Крупность продуктов дробления, мм	Скорость вращения валка, об/мин	Щель, мм	Проводимость, при материале средней твердости, т/ч	Установочная мощность, кВт	Основные размеры, мм			Вес дробилки, т
диаметр	длина							длина	ширина	высота	
200	125	10	—	300	4	1,8	3,0	800	800	550	0,3
400	250	20	2—8	200	6	8—20	6,5	1800	1688	815	2,1
600	300	30	2—10	150	8	15—30	10,5	2000	1673	965	3,0
610	400	84	0—30	175	—	40	25,5	2235	1720	1180	3,4
800	350	40	—	40	12	32	20,5	2800	2530	1800	10,5
1000	400	50	14	100	—	53	30,0	3700	3200	1900	28,0
1200	500	60	16	100	—	83	51,5	4000	3300	2200	32,5
1500	600	75	18	80	—	103	59,0	5600	3300	3000	35,0

локно немедленно удаляются из рабочего пространства, благодаря чему волокно не деформируется. Однако вскрываемое при дроблении асбестовое волокно плохо подготавливается к извлечению.

Вскрытие асбеста составляет 8—10%. Прироста общего содержания асбеста в продукте после дробления почти не наблюдается из-за неэффективного в этом отношении действия аппарата.

Характеристика продуктов по крупности до и после дробления асбестовой руды в валковой дробилке приведена на рис. 42.

Техническая характеристика гладких валковых дробилок приведена в табл. 21.

Молотковая дробилка. По конструкции молотковые дробилки со свободно вращающимися молотками разделяются на однороторные с горизонтальным валом и двухроторные с двумя горизонтальными валами, вращающимися навстречу один другому.

Молотковые дробилки характеризуются наружным диаметром ротора (с молотками) и его длиной.

Дробление загружаемого материала производится при помощи вращающихся молотков и прямо пропорционально произведению веса молотка на квадрат скорости, т. е. чем меньше оборотов будет иметь ротор дробилки, тем тяжелее должен быть молоток.

Для дробления асбестовых руд применяются молотковые дробилки с шарнирно закрепленными молотками, которые раскалывают руду преимущественно по плоскости срастания асбеста с породой.

Свободный удар без истирающих усилий дает минимальное количество пыли и мелочи.

Дробилка (рис. 43) спроектирована с учетом особенностей дробления асбестовой руды и выпускается только одного размера.

Чугунный корпус дробилки 1 состоит из нижней и верхней частей и внутри облицован броневыми плитами 2, укрепленными болтами 3. В центре дробилки проходит вал 4, вращающийся в тяжелых двухрядных роликовых подшипниках с корпусом 5. На нем укреплены двадцать три диска 6 с молотками 7, закрепленными в шарнирах 8. Вес каждого молотка от 5,8 до 6,5 кг. Вал, диски и молотки в собранном виде представляют собой ротор.

Зазор между молотками и футеровкой корпуса дробилки со-

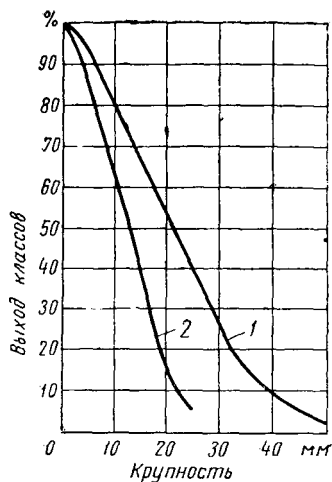


Рис. 42. Характеристика продуктов дробления в валковой дробилке по крупности:

1 — до дробления. 2 — после дробления

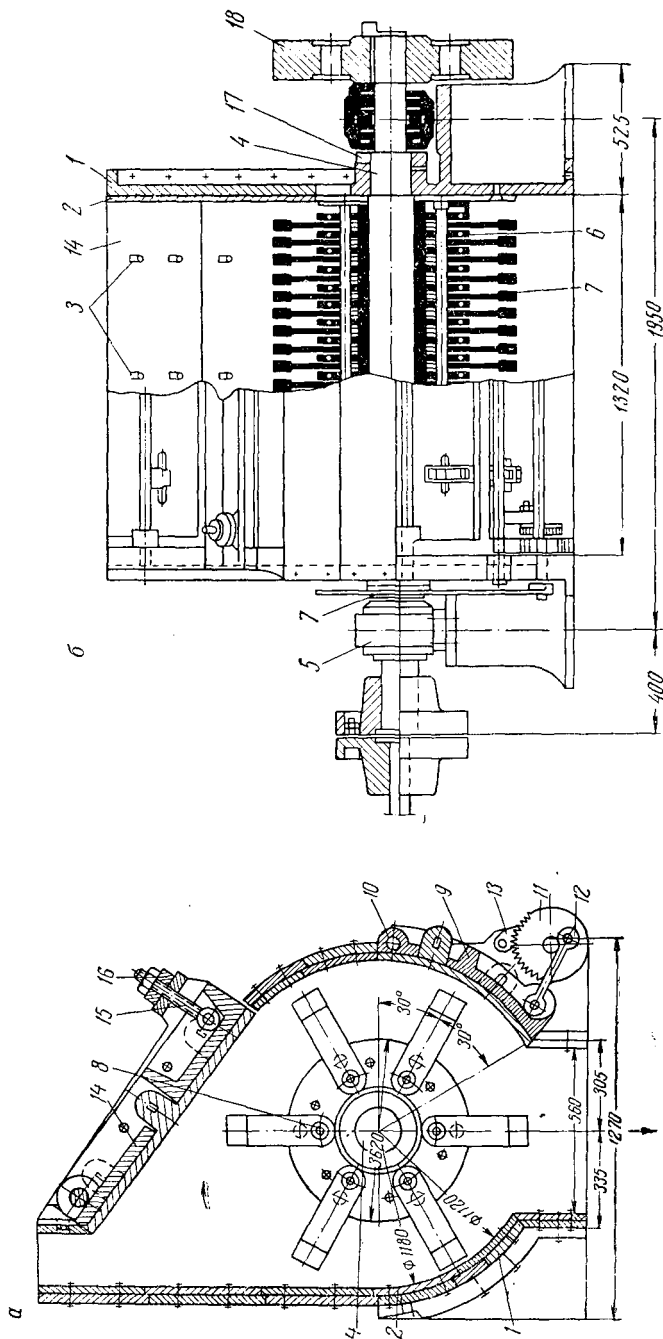


Рис. 43. Молотковая дробилка:
 а — поперечный разрез, б — продольный разрез

ставляет 5—10 мм и регулируется путем приближения или удаления щеки 9, подвешенной на оси 10. Щека перемещается кривошипом 11 с тягой 12 и закрепляется в определенном положении собачкой 13.

В верхней части дробилки зазор можно регулировать, перемещая плиту 14 с помощью болта 15 и гайки 16.

Кроме того, зазор между молотками и футеровкой можно регулировать симметричной перестановкой молотков по радиально расположенным отверстиям в дисках. Для предохранения ротора от осевых смещений на валу имеются два упорных кольца 17, а для поглощения вибраций (толчков), получающихся при дроблении, служит маховик 18.

Вращение ротора дробилки производится от электродвигателя, вал которого непосредственно через эластичную муфту соединен с валом дробилки. Мощность электродвигателя 75 квт при 720—750 об/мин.

Питание дробилки производится по всей длине ротора через верхнее отверстие, а разгрузка — самотеком через нижнее выпускное отверстие.

Непременным условием нормальной работы дробилки является точная балансировка ротора машины, что достигается установкой молотков одинакового веса (их взвешивают на весах) по диаметрально противоположным положениям.

Износ футеровочных плит неравномерен и зависит от крупности питания. Производительность дробилки при крупности питания 15—20 мм составляет 80—90 т/ч.

Степень дробления 1,0—1,15. Вскрытие асбеста 15—20% и коэффициент условного прироста 8—10%.

В процессе дробления освобождающееся волокно не деформируется, а только расщепляется на тонкие нити. Поэтому при дроблении асбестовой руды в молотковой дробилке сохраняется текстура волокна и оно хорошо подготавливается к обогащению. Этому также способствует наличие воздушных вихревых потоков, образующихся в дробилке от вращения молотков. Характеристика продуктов по крупности до и после дробления в молотковой дробилке, работающей в третьей стадии, приведена на рис. 44.

Дезинтегратор. Дробление в нем осуществляется движущимися с большой скоростью навстречу друг другу пальцами. Дезинтегратор (рис. 45) состоит из двух дисков 1 и 2, укрепленных в ступицах 3 и 4. На дисках концентрично и консольно укреплены дробящие корзины с пальцами 5 таким образом, что в

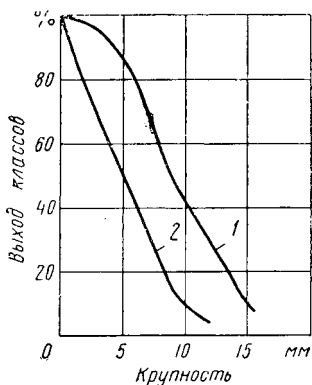


Рис. 44. Характеристика продуктов дробления в молотковой дробилке по крупности:

1 — до дробления, 2 — после дробления

с большей скоростью навстречу друг другу пальцами.

Дезинтегратор (рис. 45) состоит из двух дисков 1 и 2, укрепленных в ступицах 3 и 4. На дисках концентрично и консольно укреплены дробящие корзины с пальцами 5 таким образом, что в

промежутки между корзинами одного диска входят корзины другого.

Каждый диск со ступицей укрепляется на своем валу, расположенном в горизонтальном положении в двух подшипниках, установленных на кронштейнах 8 и 9. Оба вала 6 и 7 имеют общую геометрическую ось.

Валы с дисками и корзинами вращаются от двух электродви-

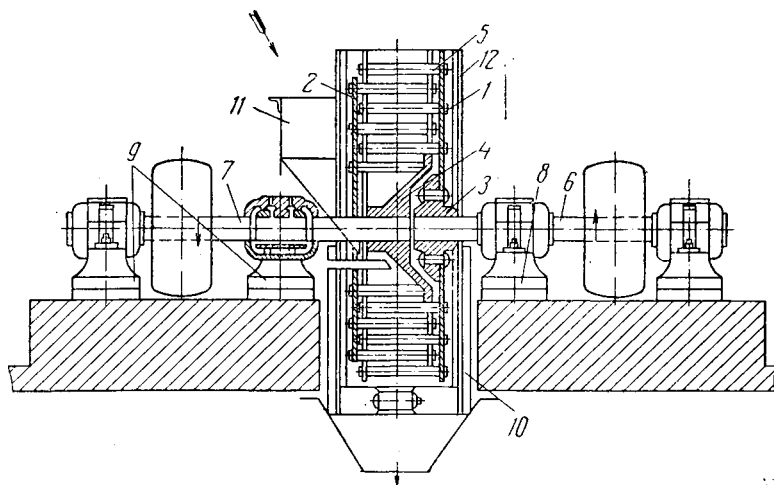


Рис. 45. Дезинтегратор

гателей с помощью плоскоременной или клиноременной передач.

Рабочая часть дезинтегратора закрыта кожухом 12, опирающимся на станину 10. Руда подается в дробилку через боковую воронку 11 во внутреннее пространство малой корзины. Разгрузка происходит через нижнюю воронку.

Максимальная окружная скорость корзин не должна превышать 27 м/сек , и изменение этой скорости вместе с подбором шага пальцев в корзинах и числа корзин является средством регулировки дробилки. При работе дезинтегратора создается давление в разгрузке, равное $4\text{--}6 \text{ мм вод. ст}$, а скорость воздуха достигает $8\text{--}10 \text{ м/сек}$, что определяет необходимость отвода, аспирирования воздуха из этого пункта.

Дробление в дезинтеграторе осуществляется жестким ударом при прохождении руды по сложнолабиринтному пути от места загрузки до разгрузки. Истирающих воздействий в процессе дробления почти нет. В процессе вращения корзин возникают вихревые потоки беспорядочного характера, что способствует распушке волокна и его быстрейшему удалению из зоны дробления.

Крупность продукта питания не должна превышать $10\text{--}15 \text{ мм}$. Вскрытие асбеста составляет $30\text{--}40\%$, а коэффициент условного прироста $15\text{--}30\%$ и степень дробления $1,2\text{--}1,7$.

Дезинтегратор хорошо подготавливает волокно к отсасыванию при незначительной порче текстуры.

В асбестовой промышленности применяют дезинтеграторы, техническая характеристика которых приведена в табл. 22.

Таблица 22

Техническая характеристика дезинтеграторов

Внешний диаметр большой корзины, мм	Скорость вращения, об/мин		Производительность, т/ч		Потребляемая мощность, квт	
	от	до	от	до	от	до
900	400	700	3	4	7	12
1350	260	450	12	15	15	20
1900	200	270	20	30	25	40

Характеристика продуктов по крупности до и после дробления в дезинтеграторе, работающем в четвертой стадии, приведена на рис. 46.

Кулачковая дробилка работает по принципу жесткого удара и в значительной мере истирания.

Дробилка (рис. 47) имеет цилиндрический кожух 1, изготов-

ляемый из листовой стали толщиной 8 мм. Длина рабочей части дробилки 1845 мм; внутренний диаметр 884 мм. Нижняя и верхняя половины кожуха соединены между собой шарнирами 2. Для жесткости к кожуху приварены или прикреплены три разрезных стальных кольца.

Вдоль кожуха по стороне, диаметрально противоположной шарнирному соединению, для жесткости приварены уголки, дающие возможность соединить обе половины кожуха болтами. Кожух установлен на трех чугунных опорах: двух торцовых и средней. Торцовые опоры являются также торцовыми стенками для нижней половины кожуха.

Верхние торцовые стороны кожуха закрываются чугунными крышками (рис. 48).

Нижняя половина кожуха прикрепле-

на к станине болтами с потайными головками.

Внутренняя поверхность кожуха футеруется ребристыми стальными плитами 3 (см. рис. 47), укрепленными болтами, а торцовые крышки — сегментными плитами 4, прикрепленными болтами 5.

По оси кожуха на двух подшипниках располагается вал 6, на

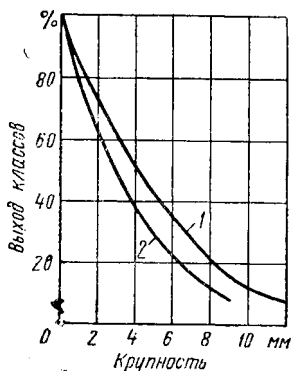


Рис. 46. Характеристика продуктов дробления в дезинтеграторе по крупности: 1 — до дробления, 2 — после дробления

котором крестообразно жестко укреплено семь пар бил со сменными стальными дробящими кулачками 7 (рис. 49 и 50). Вес кулачка 8—8,5 кг.

Кулачки имеют скос, что обеспечивает одновременно с дроблением подачу продукта по длине корпуса к месту разгрузки. Последняя пара кулачков укрепляется с обратным направлением скоса, что предупреждает забивание дробилки.

Вал дробилки через эластичную муфту соединен с валом электродвигателя мощностью 55—130 квт (в зависимости от заданной производительности); скорость вращения вала 730 об/мин, удельный расход электроэнергии составляет около 2,2 квт·ч/т.

Крупность продукта питания 20—25 мм. Производительность дробилки при этой крупности составляет 30—50 т/ч. Зазор между молотками и футеровкой — одинаковый по всей длине дробилки, обычно составляет 5—12 мм. По мере износа кулачков зазор увеличивается, что приводит к ухудшению вскрытия волокна и увеличению удельного расхода электроэнергии. Лучшие результаты по выходу волокна получаются при угле скоса молотка 10°, но при этом производительность дробилки резко снижается. При угле скоса 20° производительность дробилки увеличивается в 2—3 раза, а выход свободного волокна несколько снижается.

При увеличении угла скоса молотка удельный расход мощности уменьшается. Дробилка чувствительна к перегрузкам. Увеличение скорости вращения вала влияет на эффективность дробления, производительность и на расход мощности. Чем больше скорость вращения вала при равных прочих условиях, тем больше скорость продвижения продукта через дробилку и тем меньшему истирающему действию он подвергается, за счет чего эффективность вскрытия уменьшается.

Наиболее изнашивающимися частями дробилки являются кулачки, била и футеровка. Срок службы кулачка не превышает 3—5 суток, больше всего, изнашивается скошенная боковая поверхность, особенно концевая ее часть. Работа дробилки при этом становится малоэффективной.

При износе зубцов футеровочных плит качество дробления значительно снижается.

Кулачковая дробилка хорошо вскрывает волокно асбеста, обеспечивая вскрытие 45—60%. Коэффициент условного прироста общего содержания асбеста составляет 45—55%.

Характеристика продуктов по крупности до и после дробления в кулачковой дробилке, работающей в пятой стадии, приведена на рис. 51.

Для вновь проектируемых фабрик принимается к установке кулачковая дробилка (рис. 52) с двусторонней загрузкой. Указанная дробилка имеет производительность до 100 т/ч при таких же показателях по вскрытию волокна, как и дробилки с односторонней загрузкой.

Стержневая мельница (рис. 53) представляет собой аппарат,

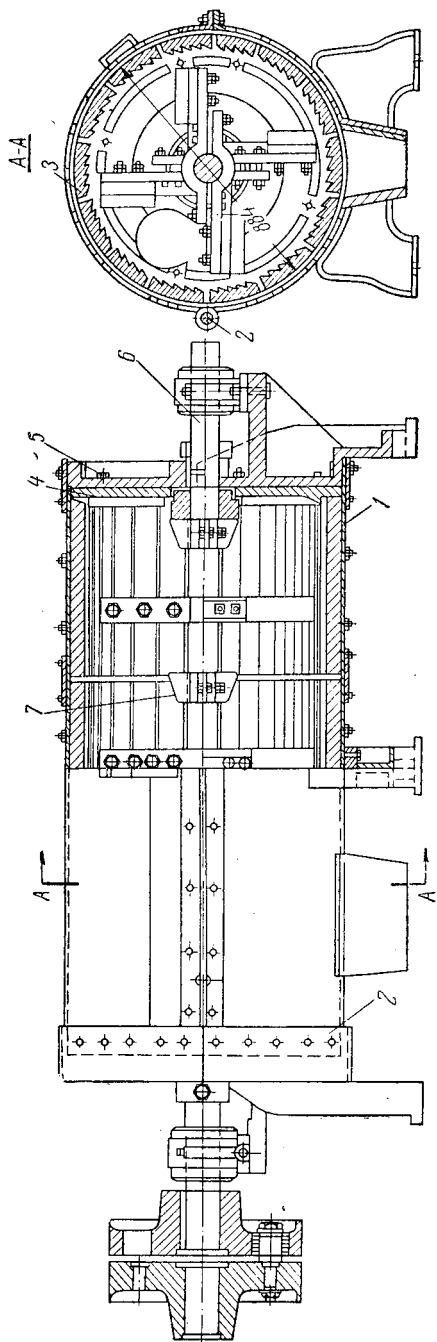


Рис. 47. Кулачковая дробилка (продольный и поперечный разрезы)

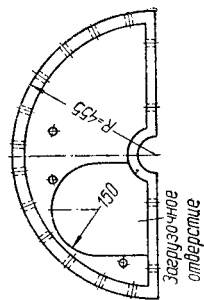


Рис. 48. Торцовая крышка кулачковой дробилки

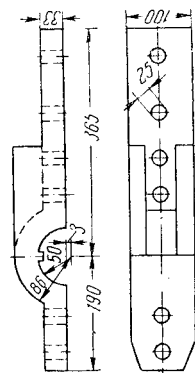


Рис. 49. Било кулачковой дробилки

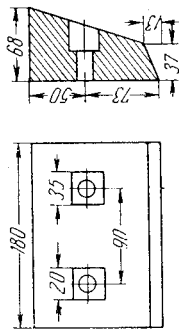


Рис. 50. Кулачок кулачковой дробилки

состоящий из цилиндрического стального корпуса 1, торцовых крышек с пустотелыми цапфами 2, прикрепляемых болтами с обеих сторон к корпусу. Корпус и торцовые крышки внутри футеруются броневыми плитами.

Привод мельницы осуществляется от электродвигателя 3 через редуктор 4 и открытую пару зубчатых колес. Дробящими телами в мельнице являются стержни, изготовленные из высокоуглеродистой стали. Диаметр их колеблется от 50 до 100 мм, а длина меньше внутренней длины барабана мельницы на 25—50 мм.

Питание мельницы производится через желобчатый питатель 5 и пустотелую загрузочную цапфу рис. 54. Загрузочная цапфа имеет внутри винтовые ребра, которыми обеспечивается перемещение продукта в мельницу.

Разгрузка продукта производится по периферии (рис. 55) в конце мельницы через отверстия по всему диаметру размером 140×90 мм.

При измельчении руды в стержневой мельнице создается контакт между стержнями по линии, а не в отдельных точках, как это имеет место в шаровых мельницах; вследствие этого наличие относительно крупных зерен руды между стержнями предохраняет от истирания освободившееся волокно.

Для работы мельницы в наиболее выгодных условиях необходимо сохранять скорость ее вращения в пределах 75% критической при измельчении мелких классов рядовых руд и не выше 55—60% при измельчении мелких классов высокосортных руд.

Критической скоростью называется такая скорость, при которой стержни прижаты к барабану мельницы и непрерывно вращаются вместе с последней по круговой траектории; она может быть определена по формуле

$$n = \frac{30}{\sqrt{R}} = \frac{42,4}{\sqrt{D}}, \text{ об/мин,}$$

где n — скорость вращения мельницы, об/мин;
 R и D — внутренние радиус и диаметр барабана мельницы, м.

Стержни внутреннего слоя, прилегающие к барабану,двигающиеся по круговой траектории наибольшего размера, обладают наибольшей скоростью, работают почти исключительно ударом. Стержни крайнего внутреннего слоя,двигающегося по наименьшей траектории, работают главным образом на истирание.

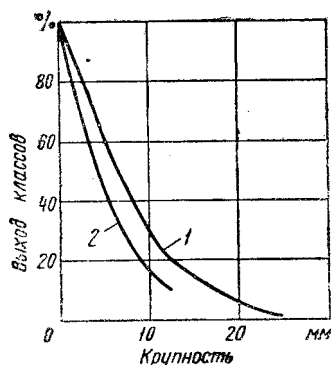


Рис. 51. Характеристика продуктов по крупности: 1 — до дробления в кулачковой дробилке, 2 — после дробления

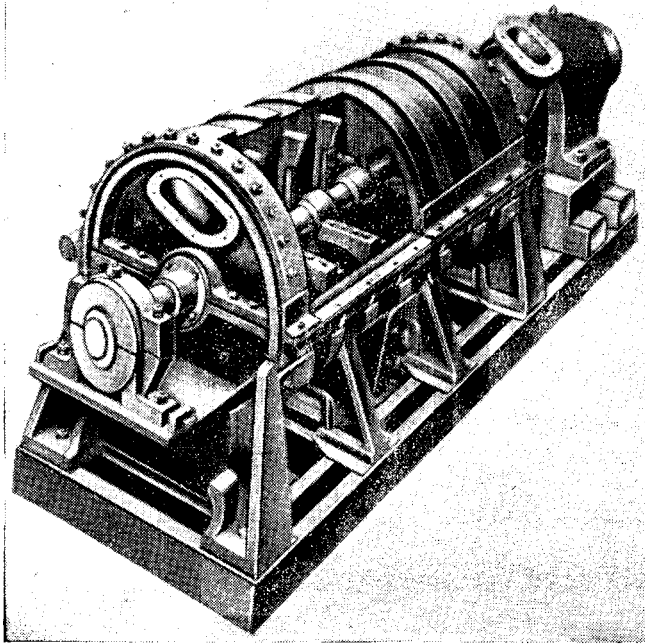


Рис. 52. Кулачковая дробилка с двусторонней загрузкой

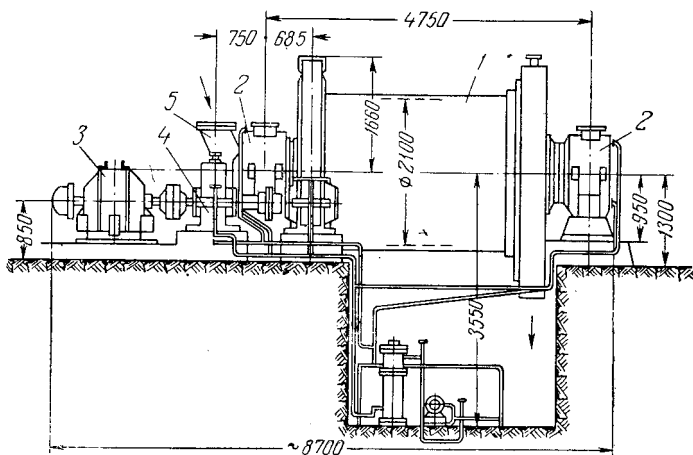


Рис. 53. Стержевая мельница

Процент заполнения мельницы стержнями зависит от характера и крупности измельчаемой руды. В табл. 23—24, а также на рис. 56 показана зависимость заполнения мельницы стержнями от характеристики измельчения, выхода и качества волокна.

Таблица 23

Характеристика измельчения асбестовой руды в зависимости от степени заполнения мельницы стержнями (P)

Крупность, мм	Исходный продукт		Измельченный продукт при								
	выход, %	суммарный выход, %	P=15%		P=25%		P=40%		P=55%		
			выход, %	суммарный выход, %	выход, %	суммарный выход, %	выход, %	суммарный выход, %	выход, %	суммарный выход, %	
30—25	6,6	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25—20	—	—	4,1	4,1	2,8	2,8	1,0	1,0	2,4	2,4	—
20—12	58,2	64,8	24,0	28,1	22,1	24,9	9,9	10,9	14,8	17,2	—
12—6	19,0	83,8	22,7	50,8	21,9	46,8	13,3	24,2	16,3	33,5	—
6—3	9,1	92,9	21,3	72,1	21,6	64,4	27,7	51,9	19,4	52,9	—
3—1	7,1	100,0	17,7	89,8	16,7	85,1	23,5	75,4	29,9	82,8	—
1—0	—	—	10,2	100,0	14,9	100,0	24,6	100,0	17,2	100,0	—
Итого	100	—	100	—	100	—	100	—	100	—	—

Таблица 24

Выход волокна после измельчения асбестовой руды в стержневой мельнице при различном заполнении ее стержнями

Наименование руды	Процент заполнения стержнями	Выход волокна, %
Рядовая руда, класс 30—1 мм	15	2,34
	25	2,73
	40	3,44
	55	3,25
Высокосортная руда, класс 30—1 мм	15	22,65
	25	24,86
	40	22,92
	55	22,67

Из таблиц и графика следует, что с увеличением процента заполнения мельницы стержнями выход мелких классов увеличивается и вместе с этим увеличивается выход свободного волокна.

При объеме заполнения 55% получается ухудшение качества продукции за счет некоторого истирания волокна. Следовательно, процент заполнения мельницы стержнями для рядовых руд должен быть не более 40%, для высокосортных — не более 25%.

Производительность мельницы пропорциональна ее диаметру в степени 2,6 и длине:

$$Q = KD^{2,6}L, \text{ т/ч,}$$

где K — эмпирический коэффициент.

Производительность мельниц сухого помола принимается на 25—30% меньше, чем мокрого помола.

Удельный расход электроэнергии составляет 5 квт·ч/т.

Стержневые мельницы хорошо работают на продукте крупностью 25—30 мм. При этом они дают вскрытие 50—60% и условный прирост 50—60%, но, так как их производительность очень мала по сравнению с другими дробилками, а удельный расход электроэнергии высокий, то их применяют только для измельчения мелких классов руды, представляющих собой просевы различных обогатительных машин для вскрытия короткого волнока.

Техническая характеристика стержневых мельниц приведена в табл. 25.

Таблица 25

Техническая характеристика стержневых мельниц

Показатели	Номер мельницы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Наибольший размер кусков, мм	15	20	25	25	25	30	30	40
Производительность (т/ч) при измельчении, мм:								
до 0,83	0,50	2,68	6,0	16,0	21,5	32,0	45,9	75,0
" 0,3	0,33	1,83	4,0	8,0	14,0	21,0	30,0	48,0
" 0,21	0,24	1,44	3,0	6,5	10,7	16,0	22,3	36,0
Скорость вращения, об/мин	33	30	25	20	17	15	14	12,5
Требуемая мощность, квт	5,5	15	37	74	110	147	200	370
Рабочий объем, м ³	0,24	0,90	2,28	4,29	6,42	9,0	12,0	18,4
Вес стержней, т	0,7	3,0	5,5	12,5	18,0	24,0	30,0	35,0
Вес мельницы без стержней, т	3,2	9	16	25	35	46	60	72
Основные размеры мельницы, мм:								
длина	2500	3500	4530	5400	5500	6000	6500	7200
ширина	1300	1970	2550	2950	3300	3490	3800	4175
высота	1250	2040	2620	3070	3480	3780	3700	4485

Распушитель кулачковый горизонтальный применяют для распушки и додрабливания просеив (нижних продуктов грохотов).

Указанные распушители отличаются от кулачковых дробилок тем, что они имеют большее количество бил (11 шт.) и повышенную скорость вращения ротора (до 1000 об/мин).

Кроме того, у распушителей угол скоса молотка составляет

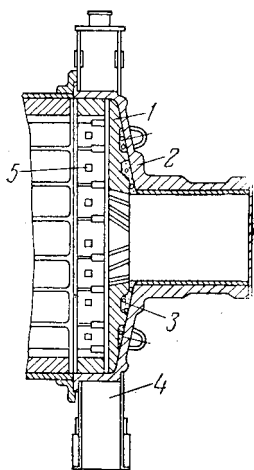


Рис. 55. Разгрузочный узел стержневой мельницы:

1 — торцовая футеровка, 2 — разгрузочная крышка, 3 — цементный раствор, 4 — разгрузочный кожух, 5 — разгрузочное отверстие

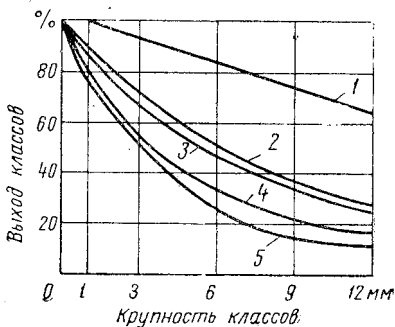


Рис. 56. Характеристика дробления асбестовой руды в стержневой мельнице при различном проценте заполнения (P) ее стержнями:

1 — исходный продукт, 2 — раздробленный продукт при $P=15\%$, 3 — раздробленный продукт при $P=25\%$, 4 — раздробленный продукт при $P=55\%$, 5 — раздробленный продукт при $P=90\%$

10° и расстояние между футеровкой и кулачками 5 мм. Они хорошо подпушивают волокно и дают вскрытие 50—60% и условный прирост содержания асбеста 40—50%.

Производительность распушителей при крупности питания — 5 мм составляет 15—20 т/ч.

Двухроторная ударно-отражательная дробилка (рис. 57) имеет некоторое преимущество по сравнению с применяемыми в настоящее время конусными, валковыми и молотковыми дробилками.

Два горизонтальных металлических цилиндра с ударными лопатками по образующим, в целом именуемые роторами, вращаются в металлическом герметичном кожухе в противоположные стороны. Загружаемая по линии между роторами руда разбивается ударом движущихся навстречу ударных лопаток и откидывается на отражательные стальные стержни, укрепленные в верхней части кожуха дробилки. После повторного раздробления при ударе

об отражательные стержни руда падает на периферические отражательные плоскости, получая при этом еще дополнительный удар от наступающих ее ударных лопаток.

Направление воздушных потоков внутри кожуха дробилки, создаваемое вращающимися роторами, способствует быстрому удалению из зоны дробления вскрытого волокна.

Разгрузка осуществляется самотеком через щели между отра-

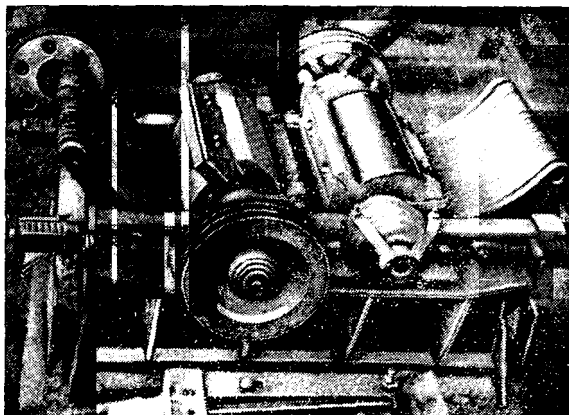


Рис. 57. Двухроторная ударно-отражательная дробилка

жательными плоскостями и роторами. Отражательные плоскости подвешены шарнирно таким образом, что величина разгрузочных щелей может регулироваться винтовым устройством. Последнее выполнено таким образом, что при попадании в дробилку недробимых тел может отодвигаться за счет имеющихся пружин. Привод роторов — индивидуальный через клиноременную передачу от двух электродвигателей.

Вскрытие асбеста составляет 20—40%. Условный прирост содержания асбеста 15—30%. Степень дробления 2—3.

Техническая характеристика двухроторной ударно-отражательной дробилки

Производительность, <i>т/ч</i>	100
Удельная производительность на метр длины ротора, <i>т/ч</i>	1,5
Размер выпускной щели, <i>мм</i>	0—100
Окружная скорость роторов, <i>м/сек</i>	30—40
Угловая скорость роторов, <i>об/мин</i>	100—1300
Основные разм.ры, <i>мм</i> :	
длина	3000
ширина	1950
высота	1732
Вес дробилки (без электродвигателя), <i>кг</i>	6172
Удельный расход электроэнергии, <i>квт·ч/т</i>	0,6—0,8

Вертикальная кулачковая дробилка (рис. 58) за счет чисто ударного интенсивного воздействия на обрабатываемый продукт обеспечивает хорошее вскрытие и относительно длинного и короткого волокна без заметного ухудшения его текстуры. Последнее обстоятельство обуславливает целесообразность использования этой машины в качестве распушителя для обработки различных мелких классов промежуточных продуктов.

В облицованном внутри стальными ребристыми бронями ко-

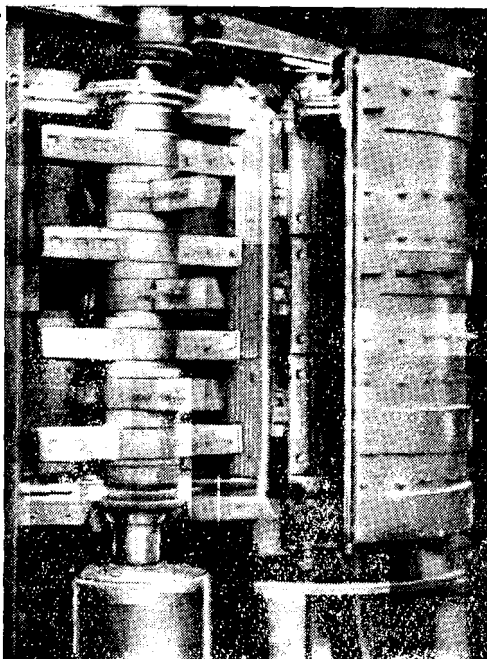


Рис. 58. Вертикальная кулачковая дробилка

жухе дробилки вращается вертикальный кулачковый ротор. Одна половина кожуха неподвижная, закреплена на специальном металлическом каркасе; другая шарнирно присоединена к первой таким образом, что при ремонте может отодвигаться, а при работе прижиматься болтами к неподвижной.

На вертикальном валу горизонтально установлено семь пар бил, на концах которых закреплены кулачки призматической формы из марганцевистой стали. Привод ротора осуществляется через клиноременную передачу от индивидуального электродвигателя. Загрузка руды производится через загрузочную воронку в верхней стенке кожуха, а разгрузка — самотеком через разгрузочный люк в нижней стенке.

Дробилка дает вскрытие асбеста до 70% и условный прирост содержания асбеста 20—55%. Степень дробления 1,4.

Техническая характеристика вертикальной кулачковой дробилки

Производительность, <i>т/ч</i>	До 60
Окружная скорость ротора, <i>м/сек</i>	До 40
Мощность электродвигателя, <i>квт</i>	150
Основные размеры, <i>мм</i> :	
диаметр	1200
высота	2125
Вес дробилки без электродвигателя, <i>кг</i>	4350
Удельный расход электроэнергии, <i>квт. ч/т</i>	0,8

Глава XII

СУШИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Для сушки асбестовой руды применяются сушильные барабаны и вертикальные шахтные печи.

Сушильный барабан (рис. 59) представляет собой сварной или клепаный цилиндр 1, изготовленный из листовой стали толщиной 10—12 мм. Для обеспечения жесткости барабана внутри

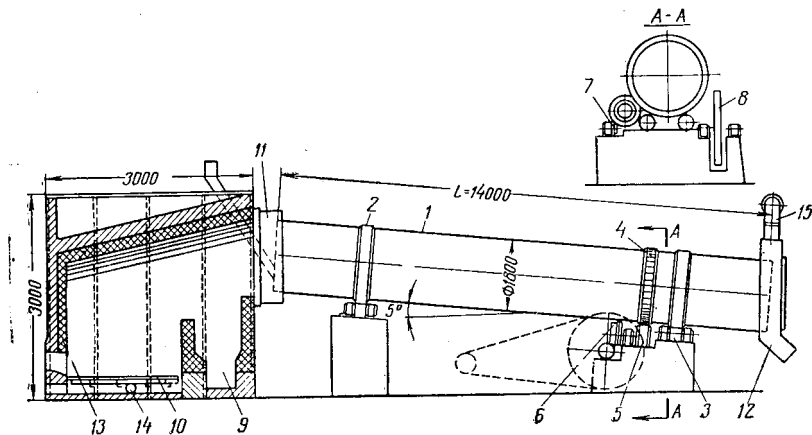


Рис. 59. Сушильный барабан

имеются продольные ребра из швеллера, которые в то же время способствуют лучшему перемешиванию руды.

В загрузочной части барабана имеются лопасти из листовой стали, установленные под углом к образующей поверхности барабана и создающие винтовую линию, что способствует быстрому передвижению руды от загрузочного конца и предотвращает высыпание ее. На барабан надеваются два стальных бандаж 2, которыми он опирается на четыре поддерживающих ролика 3 таким образом, что ось барабана составляет 4° с горизонталью. Для

предупреждения сползания барабана вниз по уклону устанавливается упорный ролик 7 с осью, перпендикулярной оси вращения барабана, опирающейся в кромку нижнего бандажа. Но, как правило, эти упорные ролики не могут воспрепятствовать возможным большим осевым усилиям и практически сползание барабана предотвращается большим или меньшим разворотом поддерживающих роликов.

У барабанов малого размера опорные ролики изготавливаются с ребрами.

Привод барабана от электродвигателя осуществляется через тросопную передачу 8 и редуктор 6 и открытую пару зубчатых колес 5, большее из которых 4 в виде венца надето прямо на барабан. Для сжигания топлива имеется топка 9, представляющая собой металлический каркас с заполнением из красного кирпича и внутренней облицовкой огнеупорным кирпичом 13 на шамотном растворе.

Для обеспечения полноты сгорания топлива в топку под колосники 10, укрепленные на валках 14, подается воздух специальным вентилятором производительностью до 6000 м³/ч. Количество воздуха регулируется задвижкой. Топка состоит из двух отделений: камеры сгорания и огневой коробки 11, где выпадает вынесенная из первого отделения зола. Цилиндрический воротник, прикрепленный к печи и свободно охватывающий барабан, предотвращает повышенный подсос холодного воздуха в барабан. На противоположном конце барабана устраивается дымовая коробка 12, препятствующая выделению газов в помещение, через которую производится удаление газов, пара и пыли вытяжным вентилятором. Производительность вытяжного вентилятора должна быть больше производительности поддувального вентилятора и для барабанов диаметром 2,2 м принимается равной 25000 м³/ч.

Питание барабана производится по желобу 15. При вращении барабана руда поднимается на некоторую высоту и падает вниз, совершая несколько перепадов во время прохождения через барабан.

Для нормальной сушки загружаемая руда должна занимать не более 20% объема барабана. Руда должна совершать не менее четырех перепадов при одном обороте барабана, а высота падения руды в барабане — не менее одной трети длины окружности барабана.

Температура входящих газов при прямоточной системе сушки не должна превышать 700°, а при противоточной 450°.

Температура отходящих газов 80—85°. Время прохождения руды по сушильному барабану составляет 5—15 мин.

Расход условного топлива на тонну испаренной влаги в зависимости от системы сушки колеблется от 110 до 450 кг или на тонну просушенной руды от 3 до 7 кг. Техническая характеристика сушильных барабанов приведена в табл. 26.

Сушильные барабаны противоточной системы устроены аналогично приведенным барабанам поточной системы, но у первых

Техническая характеристика сушильных барабанов

Основные размеры $D \times L$, м	Угол наклона барабана, град	Скорость вращения барабана, об/мин	Мощность электродвигателя, квт	Производительность, т/ч	Вес, т	
					сушилки	наиболее тяжелой детали
0,5×2,5	4	3	2	—	3,15	0,80
1,0×6,0	5	2,5; 3,5; 7	2,8	—	11,25	5,01
1,1×5,0	2,3	3	5,5	—	9,34	4,27
1,2×6,0	1,2	2	2,8	—	6,91	3,76
1,4×8,0	3	1,6—4,0	9,1	—	12,42	6,06
1,6×11,0	3	2; 2,5; 3,0	10	—	19,80	11,09
1,2×12,0	7	12—15	15	15—20	—	—
1,6×14,0	5	8	18—22	30—35	—	1,00
1,8×14,0	5	4,5	22—30	40—45	—	—
2,2×12,0	1:20	5,15	14	—	37,77	—
2,2×14,0	1:20	5,15	14	—	34,01	19,04
2,2×20,0	1:20	5,14	28	—	49,05	33,96
2,8×14,0	5	5	55	—	68,08	39,18

верхний загрузочный конец барабана примыкает к дымовой коробке, а нижний разгрузочный — к огневой.

Достоинством сушильных барабанов является их способность обеспечивать достаточное просушивание руды с повышенной влажностью.

Недостатком барабана является сложность установки и некоторое истирание свободного волокна.

Истирание волокна в процессе сушки происходит за счет измельчения его кусками руды (подобно галечной мельнице) в момент продвижения руды по барабану. Влияние процесса сушки асбестовой руды в сушильном барабане на качество асбестового волокна показано в табл. 27.

Таблица 27

Влияние сушки асбестовой руды в сушильном барабане на качество волокна асбеста

Крупность руды, мм	Продукт	Содержание свободного волокна, %	Ситовый анализ свободного волокна на к/а, %*		
			II сито (+4,8 мм)	III сито (+1,35 мм)	IV сито (-1,35 мм)
—50+0	До сушки	0,63	4,20	56,3	39,50
	После сушки	0,81	2,84	59,7	37,46
—50+30	До сушки	0,11	3,30	57,6	39,10
	После сушки	0,13	2,26	55,3	42,44
—30+0	До сушки	0,96	3,80	62,4	33,80
	После сушки	1,12	2,70	65,6	37,70

* к/а — контрольный аппарат

В процессе сушки за счет трения и ударов вскрывается часть волокна, чем и объясняется некоторое увеличение свободного волокна в продукте после сушки. Снижение количества длинного волокна, вызванное разрывом и истиранием, оказывается несколько меньшим при раздельной сушке руды мелких классов.

Вертикальная шахтная печь (рис. 60) имеет вертикальную шахту и топку, аналогичную топке сушильных барабанов, но с большой площадью колосниковой решетки (10,9 м²).

Шахта имеет сечение 2×2 м при высоте 16—18 м и изготавливается из металлического каркаса, обшитого листовой сталью. По всей высоте шахты устанавливаются горизонтальные ряды чугунных колосников 1. Расстояние между колосниками по вертикали 200—300 мм, а расстояние между ними в ряду 200 мм. Ряды колосников устанавливаются перпендикулярно друг другу, образуя в пространстве решетку. Они свободно вставляются в гнезда специальных угольников, закрепленных на стенке шахты. Назначение колосников — распределять поток руды по всему сечению шахты и замедлять его падение, увеличивая время пребывания руды в шахте. По высоте шахты имеется пять-шесть смотровых окон 3 для прочистки колосников при их забивании и для смены износившихся колосников. Шахтные печи могут иметь футеровку только в нижней части из огнеупорного кирпича или по всей высоте шахты. Примерно две трети шахты снизу выкладывается огнеупорным кирпичом, а верхняя часть кислотоупорным, так как топочные газы нередко содержат газ, который, соединяясь с парами от испаренной влаги из руды, образует серную кислоту, разъедающую кирпичную кладку.

Сырая руда поступает в шахту сверху и, пересыпаясь через колосники, падает вниз. Время прохождения руды через шахту 11—14 сек.

Топочные газы из камеры сгорания топлива поступают в шахту снизу вверх за счет разрежения, создаваемого в верхнем конце шахты вытяжным вентилятором производительностью 35000—45000 м³/ч. Кроме того, может применяться естественная тяга через трубу 4. Для обеспечения необходимой интенсивности горения топлива применяется дутьевой вентилятор.

В нижней части шахты находится наклонная плоскость 2, футерованная металлическими плитами, по которой высушенная руда разгружается из шахты.

Температура входящих газов в шахту не должна превышать 600°, для чего в канале, соединяющем огневую коробку с шахтой, имеется жалюзийная решетка, при регулировке которой обеспечивается требуемый подсос холодного воздуха.

В результате встречного движения потока сырой руды и топочных газов происходит поглощение тепла рудой и испарение влаги, которую уносят с собой газы.

Насыщенность отработанных газов влагой составляет 70—80%.

Топливом для сжигания служит преимущественно каменный

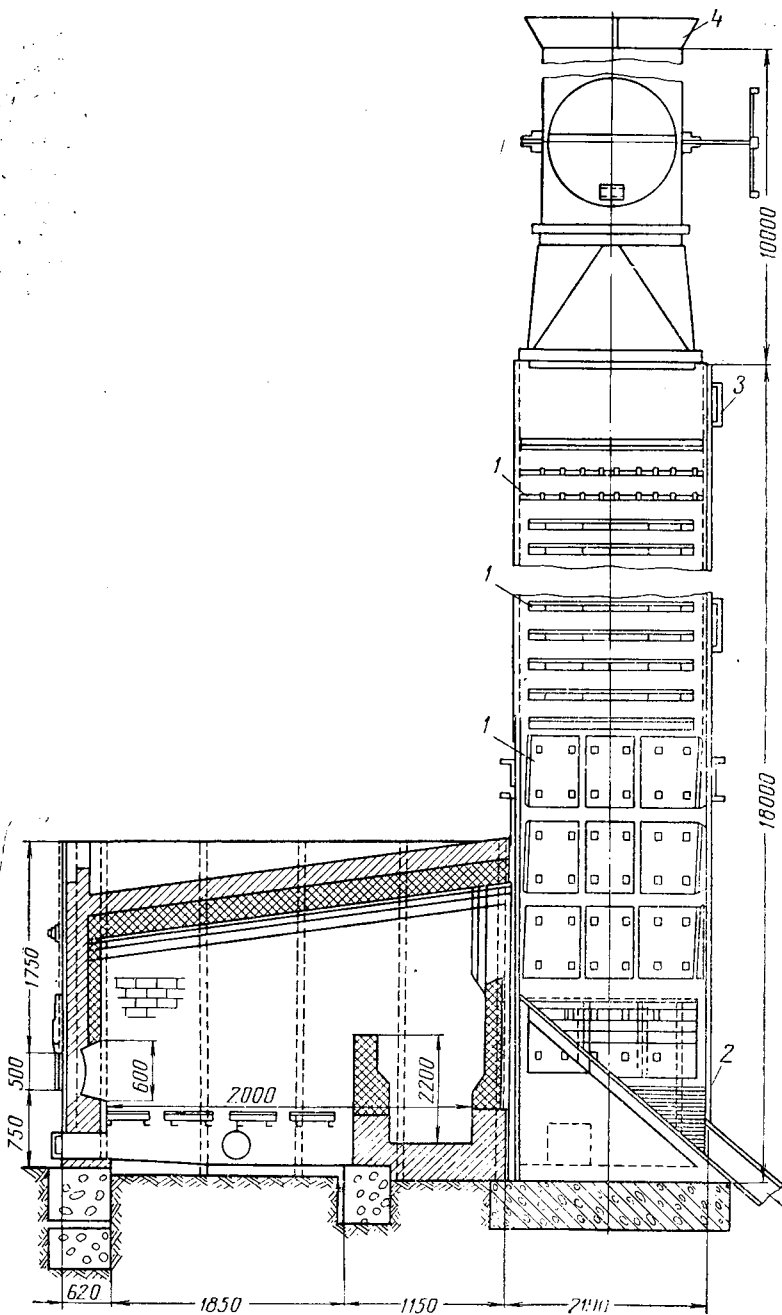


Рис. 60. Вертикальная шахтная печь

уголь. Расход топлива на тонну испаренной влаги составляет 150—400 кг. Шахтные сушильные печи, обеспечивающие производительность 100—250 т/ч, при удовлетворительном качестве сушки и сохранении текстуры волокна находят в последнее время преимущественное применение.

Достоинствами шахтных печей являются: большая производительность; отсутствие движущихся частей механизмов; простота обслуживания и ремонта; хорошая сохранность текстуры волокна.

Недостатком является значительная высота установки. В табл. 28 приведены данные о влиянии процесса сушки в шахтной печи на качество волокна асбеста.

Таблица 28

Влияние сушки в шахтной печи на качество асбеста

Продукт	Содержание свободного волокна, %	Ситовый анализ волокна на к/а, %		
		II сито (+4,8 мм)	III сито (+1,35 мм)	IV сито (-1,35 мм)
До сушки	0,72	6,40	69,3	24,30
После сушки	0,97	5,98	74,1	19,92

Глава XIII

ГРОХОТЫ

Колосниковые грохоты

Стационарные колосниковые грохоты применяют для вспомогательного грохочения. Их устанавливают перед дробилками в ДСК.

Колосниковый грохот представляет собой желоб, дном которого служит система колосников, установленная наклонно.

Колосники (рис. 61) изготавливаются клиновидной (рис. 61, а),

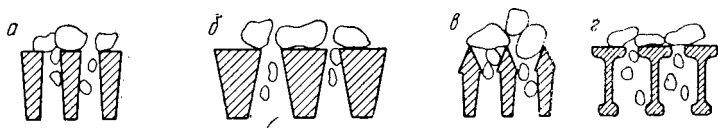


Рис. 61. Формы колосников

трапецидальной (рис. 61. б) и стрельчатой формы (рис. 61, в). Иногда устанавливают колосники из рельсов (рис. 61, г). Для предупреждения забивания грохота рудой колосники располагаются несколько веерообразно. Угол наклона грохотов зависит от свойств руды и может быть в пределах 35—50°. Для асбестовой руды угол наклона этих грохотов принимается 45°.

Так как при грохочении крупной руды куски ее приобретают большую скорость, то для уменьшения последней у места разгруз-

ки руды с грохота могут подвешиваться цепи или концы рельсов длиной до 1 м.

Основные размеры и производительность грохота определяются следующим образом:

ширина грохота

$$B = (2,5 - 3) D, \text{ мм},$$

где D — наибольший размер куска исходный руды;
длина грохота

$$L = (2 - 3) B, \text{ мм};$$

производительность грохота

$$Q = 2,4d, \text{ т/ч},$$

где d — расстояние между колосниками, мм.

Стационарные грохоты просты по конструкции, прочны и не требуют расхода электроэнергии. К недостаткам грохотов относится низкий к. п. д. (0,5—0,6) и необходимость иметь значительную высоту для их установки.

Вибрационные грохоты

Для грохочения продуктов после второй и третьей стадий дробления в цехах ДСК и для вспомогательного грохочения в цехах обогащения применяют грохоты с круговыми движениями в вертикальной плоскости вместе с установленными на них ситами. Грохот имеет одно или два сита.

Применяемые в асбестовой промышленности вибрационные грохоты ГУП-I и ГУП-II (рис. 62) подвешиваются к перекрытиям или к специальным конструкциям на четырех тросах с пружинными амортизаторами 4, благодаря чему вибрации почти не передаются зданию. Эти пружины должны работать только на сжатие.

Угол наклона грохота регулируется изменением длины подвесок в пределах 12—18° в зависимости от продукта, подлежащего грохочению, заданной производительности и к. п. д. грохота.

Поперек корпуса грохота 1, в его центре тяжести расположен приводной вал с дебалансовыми маховиками 3 за бортами грохота.

Эксцентриситет дебалансов можно изменять путем поворота их вокруг оси с последующим закреплением стопорами. Важно регулировать дебалансы таким образом, чтобы их эксцентриситет был одинаковым. Нормальным следует считать такое положение дебалансов, при котором каждая точка сита 2 с полной нагрузкой в период работы описывает в вертикальной плоскости окружности диаметром около 4 мм.

Вращение привода грохота должно быть в сторону движения руды по грохоту; при обратном вращении к. п. д. грохота повышается, но производительность резко снижается.

Достоинствами грохотов являются высокий к. п. д., достигающий 0,98, высокая производительность, сравнительно небольшие размеры и небольшой расход мощности.

Использование этих грохотов для извлечения волокна асбеста отсасыванием не рекомендуется, так как круговые движения грохота в вертикальной плоскости обуславливают непрерывное перемешивание продукта, что затрудняет всплывание волокна на верх рудного потока.

Если грохоты ГУП используют для классификации влажного продукта при отрицательной температуре воздуха, то во избежа-

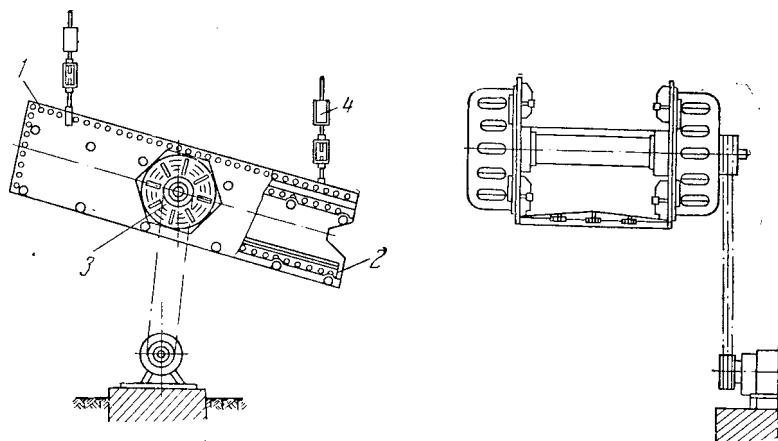


Рис. 62. Вибрационный грохот ГУП.

ние наставания мелочи на сите применяют подогрев сит. Для этого используются трубки, сваренные для жесткости в борта грохота. К одному концу верхней трубки автогенной сваркой приваривается короткий патрубок, на который надевается гибкий шланг, второй конец которого соединяется с системой парового или водяного отопления. Свободный конец верхней трубки соединяется сваркой с концом рядом расположенной трубки. Соединение всех трубок в одну систему под сеткой представляет собой обогреватель с площадью теплоотдачи, достаточной для подогрева сетки и исключения налипания мелочи.

Свободный конец последней трубки у разгрузочного конца грохота через патрубок и гибкий шланг соединяется с конденсатором или с обратной системой отопления.

При отсутствии вблизи грохота центрального отопления целесообразно установить рядом с ним водяной бак с электроподогревом и принудительной циркуляцией горячей воды в корпусе грохота по обогревателю.

Применение подогрева позволяет получить высокий к. п. д. грохота при высокой производительности в течение всего года.

Техническая характеристика грохотов приведена в табл. 29.

Техническая характеристика грохотов типа ГУП

Показатели	ГУП-I	ГУП-II
Размер сита, мм:		
ширина	1250	1250
длина	2500	4000
Число сит	2	2
Угол наклона грохота, град	15±3	15±3
Число колебаний в минуту	960—1200	900
Размер отверстий сит, мм	3—25	3—50
Двойной ход короба, мм	2—6	2—6
Производительность, т/ч	8—170	До 300
Крупность кусков питания, мм	До 100	До 250
Мощность электродвигателя, квт	3,8	8,0
Вес грохота, кг	1323	2260
Угол наклона оси передачи, град	20—60	20—60

Плоские качающиеся грохоты

Плоские качающиеся грохоты при обогащении асбестовых руд находят широкое применение и являются одним из основных обогащательных аппаратов.

Для подготовки продукта к отсасыванию концентратов применяются три типа грохотов.

По конструктивным особенностям они подразделяются на двухскатные, каскадные и однодечные.

В зависимости от назначения различают грузовые грохоты для рудного потока и перечистные для обезгаливания (перечистки) концентратов.

При встряхивании деки грохота происходит стратификация продукта, при которой волокно, как более легкое, всплывает — концентрируется в верхнем слое над рудным потоком.

Двухскатный уравновешенный грохот (рис. 63) имеет две деки 1 с наклоном в противоположные стороны. Рамы дек 3 металлические или деревянные с металлическими креплениями, днища фанерные или из тонколистовой стали.

Размеры дек: длина 3—3,5 и 4,5 м; ширина 1,5 м; высота бортов 200 мм. Деки устанавливаются или подвешиваются на четырех или шести деревянных (березовых) стойках 2, шириной 80—100 мм и толщиной 15—20 мм.

Пружины с обеих сторон деки имеют одинаковую высоту и строго параллельны. Нарушения этого условия приводят к перекосу, толчкам и поломке грохота. Между деками внизу проходит вал 4, вращающийся в двух шариковых или скользящих подшипниках.

На валу на шпонках насажены эксцентрики 5, вращающиеся в подшипнике, помещенном в специальном корпусе — бугеле 6,

литом чугуном или сварном (стальном). Хвостовая часть бугеля прикреплена к деревянному шатуну 7, противоположный конец которого соединяется с декой грохота или крепится к металлическому кронштейну, называемому порогом 8.

При установке шатуна длина его определяется расстоянием между хвостовой частью бугеля и порогом в момент, когда бугель находится в крайнем верхнем или нижнем положении, а дека грохота свободно лежит на пружинах.

Закрепление тяги при ином положении указанных элементов приводит к толчкам и поломке грохота.

В некоторых случаях на каждую деку устанавливается по два

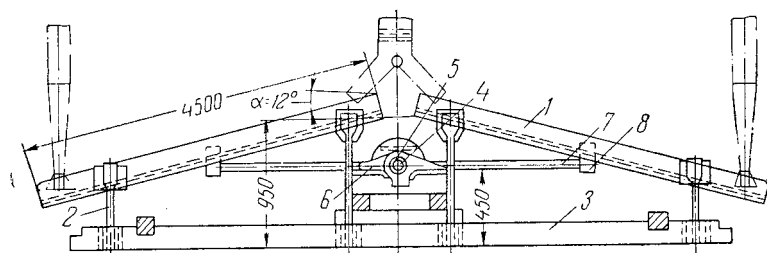


Рис. 63. Двухскатный уравновешенный грохот

эксцентрика с шатунами или один эксцентрик с двумя расходящимися от него в виде треугольника шатунами.

Эксцентрики противоположных дек с эксцентрицитетом 10—15 мм повернуты относительно друг друга на 180°, благодаря чему при вращении деки взаимно уравновешиваются. Привод грохота осуществляется плоскоремной или клиноремной передачей от электродвигателя мощностью 2—3 квт.

Каскадный грохот (рис. 64) имеет деки, расположенные последовательно, каскадом. На нижней деке этого грохота у места загрузки сито не доходит до торцевой стенки на 200—250 мм, чтобы просев сита верхней деки сразу направлялся под сито второй деки. Привод делается уравновешенным, как и у двухскатного.

Однодечный грохот отличается от указанных выше наличием одной деки и дополнительного уравновешивающего дебалансного шкива на приводном валу.

Расстояние между днищем деки и сеткой должно обеспечить свободное продвижение всего просева и принимается не менее 50 мм.

Установка сеток на грохоте выполняется в двух вариантах: крепится гвоздями непосредственно к продольным рейкам, установленным на днище деки, или предварительно натягивается на деревянную рамку, к которой крепится гвоздями. Рамка с сеткой крепится клиньями или болтами к металлическим угольникам на

внутренних сторонах бортов деки. Крепление сетки гвоздями непосредственно к бортам деки не рекомендуется.

Для грохотов применяются штампованные или плетеные сетки. Размер отверстий сита выбирается в зависимости от крупности исходного продукта и по технологическим соображениям. Независимо от номера сетки под воздухоприемником устанавливаются сито с отверстиями 3—5 мм.

Характеристика штампованных сит, применяемых при обогащении асбеста, приведена в табл. 30.

Грохоты должны иметь качания в направлении своей продольной оси, боковые качания грохота недопустимы.

Для равномерного распределения рудного потока по всей ширине деки грохота необходимо, чтобы руда подавалась на грохот только по направлению движения деки и по всей ее ширине. Для равномерного распределения продукта на грохоте в верхней его части, на длине 300—400 мм, ставят так называемый лобовой лист, воспринимающий удар загружаемой руды и являющийся распределителем руды по всей ширине деки.

Лобовой лист устанавливается в верхнем конце деки горизонтально по всей ее ширине. Передняя кромка листа, загнута вверх на 25—40 мм, заставляя

поступающий на грохот продукт сначала растекаться по всей его ширине, а затем пересыпаться через порог и двигаться вниз по сетчатой поверхности ровным слоем.

Если фланги порога сделать несколько ниже середины, то распределение окажется лучше. Лобовой лист изготавливается из листовой стали толщиной 3 мм, а на участке падения продукта на грохот прикрепляют еще лист толщиной 5 мм и размером 300×200 мм.

Для выделения из продукта случайно попавших в него крупных посторонних предметов к разгрузочному концу сетки прикрепляется контрольная решетка с ячейками размером 40—50 мм.

Для предупреждения распространения пыли от падающего и движущегося потока руды деки грохотов укрываются герметически крышками.

Назначение указанных грохотов сводится к выполнению трех задач: обеспечения расслоения продукта на грохоте с целью удаления мелочи в нижние слои и ее просева; обеспечения всплывания волокна на верх рудного потока; создания соответствующей

Таблица 30

Характеристика штампованных сит

Размер отверстий, мм	Толщина листа, мм	Срок службы
1,0	0,63—0,7	1 месяц
1,5	0,63—0,7	1 "
3,0	1,5	3 месяца
6,0	2,0	6 месяцев
9,0	2,0	6 "
12,0	3,0	6 "
15,0	3,0	1 год
18,0	4,0	1 "
25,0	4,0	1 "
30,0	4,0	1 "

щего несущего рудного слоя, служащего постелью для асбестового волокна.

Успешное выполнение этих функций зависит от ряда факторов как механического, так и технологического характера.

На «всплывание» волокна при движении рудного потока по

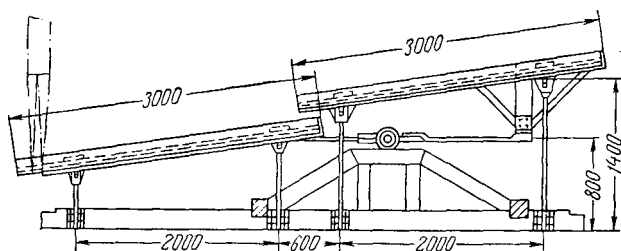


Рис. 64. Каскадный уравновешенный грохот

деке грохота влияют три основных фактора: эксцентриситет, угол наклона деки грохота и скорость вращения вала.

На рис. 65 приведена зависимость извлечения волокна от угла наклона деки грохота, где видно, что наилучшее извлечение из

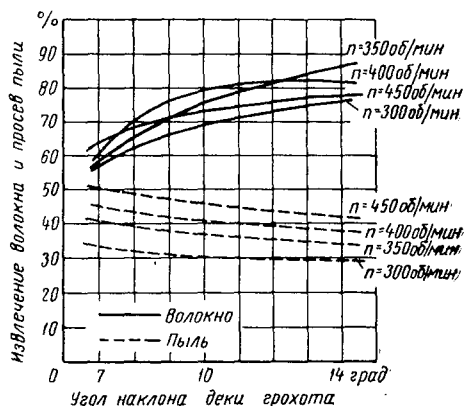


Рис. 65. График зависимости извлечения волокна от угла наклона деки грохота

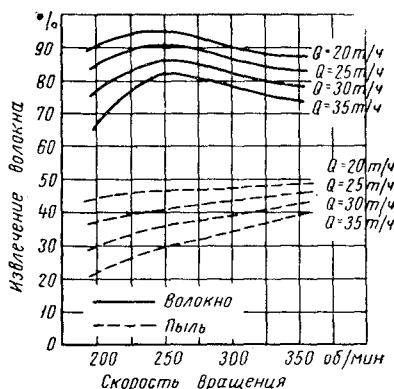


Рис. 66. График зависимости извлечения волокна от скорости вращения вала грохота

руды достигается при угле наклона 14° . С уменьшением угла наклона деки извлечение волокна понижается, а просев пыли несколько повышается. С увеличением угла наклона деки просев пыли понижается и в связи с этим повышается выделение пыли в концентрат. Кроме того, с увеличением угла наклона деки уменьшается эффективность грохочения, что приводит к большему извлечению гали в концентрат по сравнению с выходом пыли в просев.

Кривые, представленные на рис. 66, показывают, что при эксцентриситете 10 мм , угле наклона деки 14° и скорости вращения

вала 250 об/мин достигается наибольшее извлечение из руды волокна, но при этом получается низкий выход пыли в просеве.

С увеличением скорости вращения просев пыли повышается, следовательно, ее меньше извлекается в концентрат, но тогда в концентрат попадает больше гали. Поэтому оптимальной скоростью вращения вала следует считать 350 об/мин. При этом возрастает содержание асбеста в концентрате и снижается его запыленность.

При нормальной работе грохота свободное волокно «всплывает» над частицами породы примерно на расстоянии двух третей длины деки от места загрузки.

На «всплывание» и извлечение свободного волокна большое влияние оказывает крупность и влажность исходного продукта.

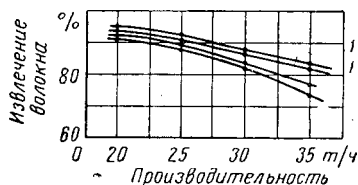


Рис. 67. График влияния крупности исходного продукта на извлечение волокна

На рис. 67 представлен график, характеризующий влияние крупности исходного продукта на извлечение волокна. С уменьшением крупности исходного продукта понижается извлечение волокна и уменьшается содержание асбеста в концентрате. Последнее объясняется попада-

нием в концентрат гали, имеющейся в большом количестве в верхнем слое при малой крупности исходного продукта.

По извлечению волокна и выделению мелочи лучшие результаты получаются при крупности руды 37—0 мм.

Продукт крупнее 37 мм мешает всплыванию волокна, и, кроме того, при прохождении под воздухоприемником такие куски закрывают собой часть свободного волокна, вследствие чего оно уходит в последующую операцию.

Увеличение влажности продукта (рис. 68) приводит не только к понижению извлечения волокна и просева пыли, но и к снижению содержания асбеста в концентрате. Разубоживание концентрата объясняется попаданием в него пыли, остающейся в верхнем слое при большой влажности продукта вследствие забивания отверстий сита грохота.

Производительность грохотов зависит от угла наклона, числа качаний, эксцентрициитета, ширины грохота, а также от содержания свободного волокна в исходном продукте. С увеличением производительности грохота выход концентрата, содержание в нем волокна и извлечение понижаются (рис. 69).

Уменьшение содержания волокна в концентрате объясняется повышенным извлечением в него пыли, остающейся в большом количестве в верхнем слое продукта на грохоте при большой его производительности.

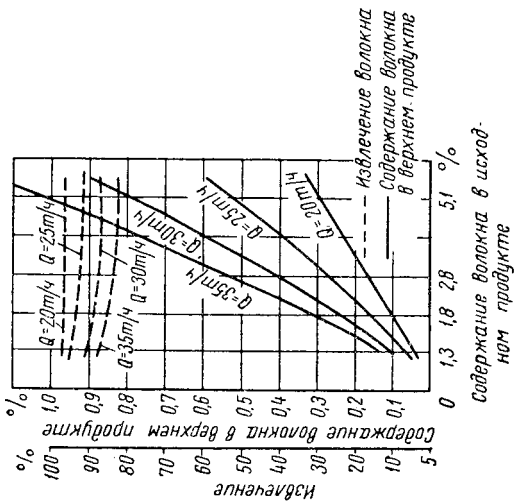


Рис. 70. График зависимости извлечения и содержания волокна в верхнем продукте от содержания свободного волокна в исходном продукте

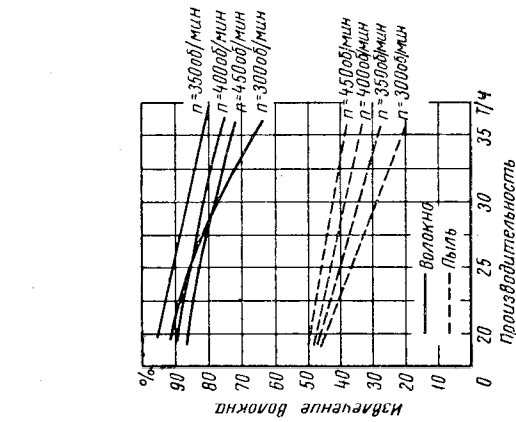


Рис. 69. График зависимости извлечения волокна от производительности грохота

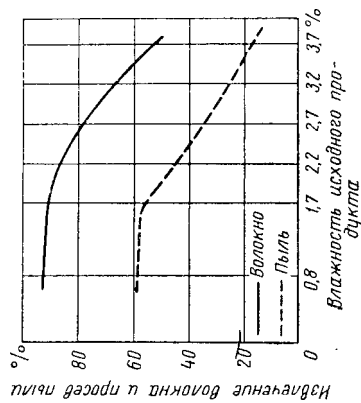


Рис. 68. Кривые, характеризующие влияние влажности исходного продукта на извлечение волокна с грохота при производительности 25 т/ч

С увеличением содержания свободного волокна в исходном продукте извлечение его понижается незначительно, а содержание волокна в верхнем продукте значительно возрастает (рис. 70).

При незначительном содержании свободного волокна в исходном продукте загрузку на деку грохота шириной 1 м можно при-

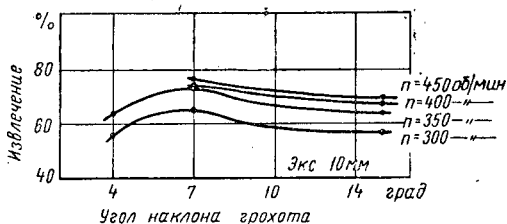


Рис. 71. График зависимости извлечения волокна от угла наклона деки пересчетного грохота

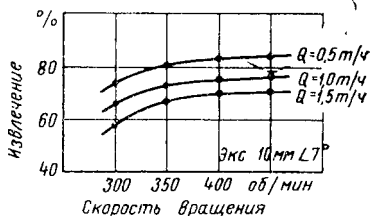


Рис. 72. График зависимости извлечения волокна от скорости вращения вала пересчетного грохота

нимать 25—30 т/ч, или примерно 8—10 т/ч на 1 м² площади сита.

Значительное содержание свободного волокна в исходном продукте вызывает необходимость снизить загрузку на одну деку грохота до 20 т/ч, или примерно 4—5 т/ч на 1 м² площади сита.

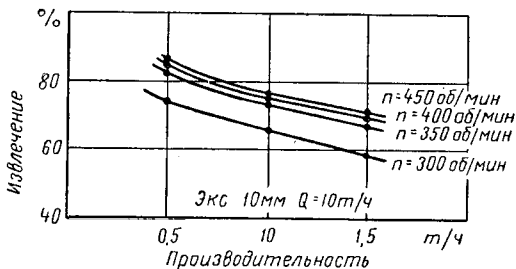


Рис. 73. График зависимости извлечения волокна от производительности пересчетного грохота

Нагрузки на грохоты последних стадий обогащения принимается на 20—25% ниже, чем в первых стадиях.

При обезгаливании черновых концентратов оптимальное извлечение волокна достигается при угле наклона деки грохота 7—10° (рис. 71).

Скорость вращения вала пересчетного грохота должна быть 400—450 об/мин (рис. 72). При увеличении скорости извлечение волокна повышается, но сильное встряхивание деки приводит к частым поломкам. Если скорость вращения менее 400 об/мин, то снижается извлечение волокна и отверстия сита сильнее забиваются продуктом. Производительность пересчетных грохотов составляет 2,5—3 т/ч на одну деку (рис. 73), при этом извлечение волокна составляет 75—90%.

Барabanные грохоты

Для обеспыливания и классификации концентратов применяют барабанные грохоты-сортовки с наклонной или горизонтальной осью. Большое распространение имеют сортовки с наклонной осью.

При вращении сортовки продукт перемещается в ней вдоль продольной оси. Сортировки изготовляют деревянные и металлические.

Сортировка (рис. 74) представляет собой шестигранную призму длиной 6 м и диаметром 1200 мм, в грани которой вставлены рамки 3 с натянутой на них металлической сеткой.

У деревянной сортовки все основные детали обиты кровельным железом.

Несущей деталью сортовки является деревянный вал 1, на концах которого укреплены клиньями чугунные полумуфты 5 с фланцами.

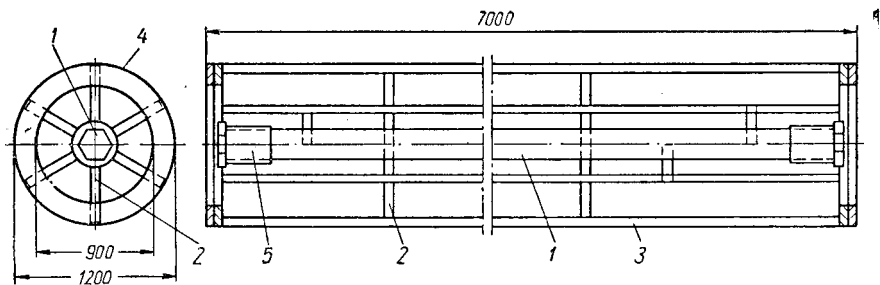


Рис. 74. Сортировка (барабанный грохот)

К фланцам прибалчиваются вторые полумуфты с закрепленными в них короткими стальными валами, установленными на опорах. Один вал делается несколько длиннее и на свободном его конце крепится полумуфта, которой он соединяется с полумуфтой редуктора. Привод осуществляется от электродвигателя мощностью 1,5—2 квт через муфту или клиноременную передачу.

Привод может устанавливаться с любой стороны, но предпочтительнее у разгрузочного конца. Скорость вращения сортовки 28—30 об/мин.

У деревянной сортовки поперек вала звездообразно вразбежку крепятся деревянные спицы 2, на концы которых насаживаются рейки. На консольных концах этих реек укрепляются деревянные кольца 4, а вдоль сортовки между ребрами вставляются сменные рамки с сетками. Сортировка заключается в деревянный или металлический плотный кожух. Снизу кожуха устанавливаются три или четыре воронки, в две-три из которых подается просев, а в последнюю — верхний продукт сортовки.

Деревянные сортовки устанавливаются с уклоном 6—7° или горизонтально. В последнем случае внутри сортовки к ее ребрам крепятся гвоздями металлические лопасти, располагаемые винтообразно для продвижения продукта вдоль сортовки. Эффективность горизонтальных сортовок несколько ниже, чем наклонных, но габариты по высоте у них меньше. Металлические сортовки устанавливаются только наклонно.

В металлических сортовках вал выполняется из цельнотянутой трубы диаметром 130 мм, в концах которой вставлены короткие стальные валы для опоры.

По длине трубы на равном расстоянии имеется четыре ряда пальцев. На пальцах укрепляются шестигранные кольца, являющиеся основанием для крепления рамок с сетками.

К верхнему кольцу прикреплен конический воротник для предотвращения выбрасывания загружаемого продукта в первую воронку. С этой же целью к торцовой стенке кожуха сортовки прикрепляется желобообразная полочка, входящая внутрь воротника.

Иногда в одном кожухе располагается по две или четыре (в два яруса) сортовки, вращающиеся в разные стороны.

При двухъярусном расположении сортовок между ними устанавливаются наклонные плоскости для предотвращения попадания просева верхней сортовки на нижнюю.

Производительность сортовки зависит от качества исходного продукта и в некоторых случаях достигает 6—8 т/ч по исходному продукту.

Сортовка является недостаточно эффективным аппаратом, так как из 15 м² просеивной поверхности сит непосредственно участвует в просевании менее 25%, а остальная часть при вращении сортовки не соприкасается с продуктом. Кроме того, процесс просевания происходит в основном только в момент падения продукта на сито, так как попав на сетку, продукт лежит на ней, поднимаясь вверх до определенной высоты.

Несмотря на указанные обстоятельства и на сравнительную громоздкость, сортовка является пока преимущественно обеспыливающим и классифицирующим аппаратом в асбестовой промышленности.

Простота конструкции, легкость обслуживания, малая энергоемкость и малая распушка волокна обуславливают ее широкое применение. Для уменьшения забивания сит обрабатываемым продуктом к ребрам ротора иногда прикрепляют на металлических скобах специальные хлопущки из прорезиненной ленты.

Исключительно большое значение для получения кондиционной продукции имеет правильный выбор сеток. В каждом отдельном случае сетки подбираются в зависимости от качества исходного продукта, т. е. от наличия в нем пыли, мелкого волокна и его текстуры, а также от цели данной операции.

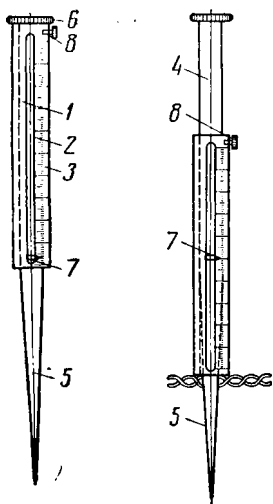


Рис. 75. Прибор для измерения отверстий сита

В табл. 31 приведены данные о ситах, применяемых для очистки и классификации асбестовых концентратов.

При установке мелких сеток из тонкой проволоки, склонных к быстрому вытягиванию под влиянием нагрузки обрабатываемого продукта, под ними в рамке устанавливают поддерживающую сетку с крупными ячейками и толстой проволокой.

Таблица 31

Перечень тканых гладких сеток простого переплетения, применяемых при обогащении асбеста (ГОСТ 3826—47)

Номер сетки	Номинальный размер стороны ячейки в свету, мм	Номинальный диаметр проволоки, мм	Живое сечение сетки, %	Число проволок на 1 дм сетки	Вес 1 м ² сетки, кг
8	8,0	1,2	75,1	11,0	2,1
8	8,0	1,8	67,0	10,0	4,5
5,5	5,5	1,6	60,0	14,5	4,7
5,5	5,5	2,0	53,0	13,5	7,2
4	4,0	1,0	64,0	20,0	2,6
4	4,0	1,4	54,6	18,0	4,8
3,5	3,5	1,0	60,5	22,0	2,9
3,5	3,5	1,2	55,5	21,0	4,0
3,2	3,2	0,9	61,5	24,0	2,7
3,2	3,2	1,2	53,0	23,0	4,3
2,8	2,8	1,0	54,5	26,0	3,6
2,2	2,2	0,8	54,0	33,0	2,9
2,0	2,0	1,2	39,0	31,0	6,0
2,0	2,0	0,6	59,0	38,0	1,9
1,8	1,8	0,5	61,4	43,0	1,4
1,8	1,8	0,7	52,0	40,0	2,6
1,6	1,6	0,4	64,0	50,0	1,0
1,6	1,6	0,45	61,0	48,0	1,3
1,2	1,2	0,35	60,0	64,0	1,0
1,2	1,2	0,4	56,2	62,0	1,3
1,1	1,1	0,35	57,7	69,0	1,1
1,1	1,1	0,4	63,8	67,0	1,4
1,0	1,0	0,3	59,2	77,0	0,9
1,0	1,0	0,35	54,6	74,0	1,2
0,9	0,9	0,3	50,1	83,0	1,0
0,9	0,9	0,4	47,9	77,0	1,6
0,8	0,8	0,28	54,9	93,0	0,9
0,8	0,8	0,3	53,0	90,0	1,0
0,7	0,7	0,25	54,2	105,0	0,9
0,7	0,7	0,3	49,0	100,0	1,2
0,63	0,63	0,25	50,2	113,0	0,9
0,63	0,63	0,28	48,0	110,0	1,2
0,5	0,5	0,25	44,4	133,0	1,1
0,5	0,5	0,3	39,0	125,0	1,5

В ходе технологического процесса требуется часто менять сетки для получения соответствующих сортов асбеста. При замене сетки важно точно знать размер ее отверстий, поэтому для измерения отверстий в сетках применяется специальный прибор (рис. 75).

Прибор состоит из металлической трубки 1 с продольной прорезью 2, на которой нанесена шкала 3 длиной 100 мм. Каждый сантиметр шкалы соответствует одному миллиметру конической части иглы на уровне обреза трубки, а каждый миллиметр — десятой доли миллиметра.

В трубке помещается измерительная игла, состоящая из цилиндрической части 4 и конической части 5. Для того чтобы измерительная игла перемещалась только в пределах трубки, в верхней части ее имеется шляпка 6 для подъема и опускания иглы, а внизу указатель 7, который движется вместе с иглой в прорези трубки.

Замер отверстий производят следующим образом: трубку ставят нижним концом на измеряемую сетку, предварительно иглу поднимают в верхнее положение. Затем иглу спокойно опускают вниз и фиксируют положение, на котором она остановилась, упорным болтиком 8. После этого прибор с сетки снимают и производят отсчет.

Рассев

Для обеспыливания асбестовых концентратов в последнее время наряду с сортовками стали применяться заимствованные из мукомольной промышленности высокопроизводительные аппараты — рассевы.

Рассев (рис. 76) представляет собой многоситный грохот с горизонтальным расположением сит, имеющих круговое движение в горизонтальной плоскости при радиусе 45 мм.

Рассев состоит из приводного механизма, рамы с подвесками и двух корпусов.

Каждый корпус 1 представляет собой 13—14 деревянных рам, уложенных друг на друга и скрепленных вертикальными стяжками. По ширине рамы делятся на каналы, к одной из боковых стенок которых крепятся жестяные гребешки — гонки для обеспечения направленного движения продукта.

Оба корпуса и балансировочные грузы 2 укреплены в общей металлической раме 3, подвешенной на четырех стальных тросах 4, и приводятся в круговое поступательное движение от электродвигателя через передачу 5, передающую движение на вертикальный вал-веретено 9, ось которого смещена относительно оси вала с грузами.

При вращении приводного вала начинают вращаться грузы, заставляя корпуса вместе с рамой совершать круговое поступательное движение благодаря развиваемой ими центробежной силе. Грузы, закрепленные на валу, вращаются в подшипнике, который закреплен в корпусе, укрепленном на траверсе. Данная конструкция рассева является самобалансирующейся.

В сравнении с сортовками рассев выгодно отличается кругообразным движением сит в горизонтальной плоскости, что способ-

ствуется большей эффективности просеивания и получению большей однородности продуктов.

Процесс сортировки в отсеке осуществляется следующим образом: продукт загружается в приемные воронки 5 и по каналам 6 поступает на сита. Продукт перемещается по ситам под влиянием их кругового поступательного движения и под действием гребешков.

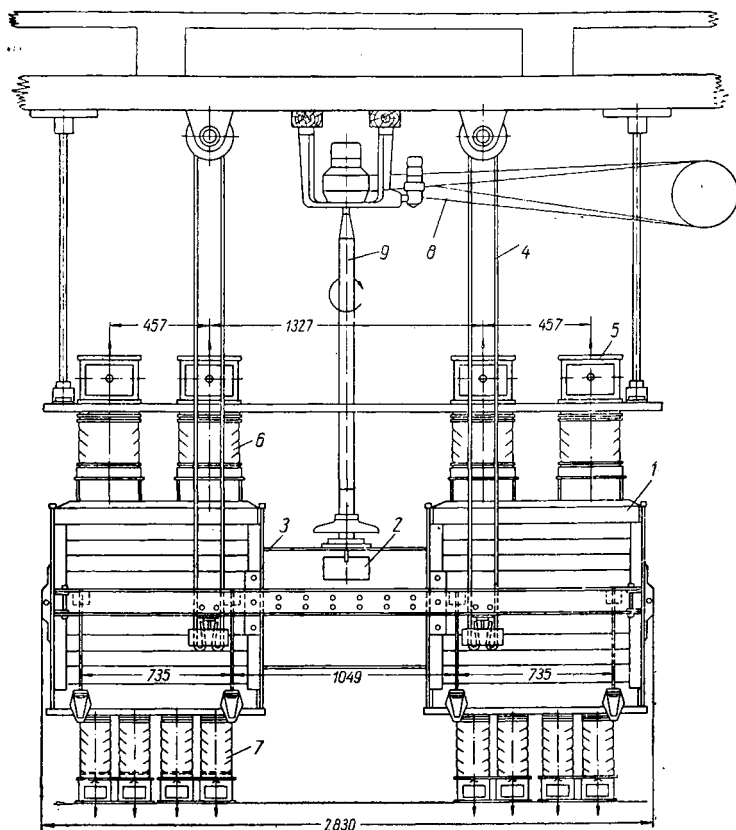


Рис. 76. Двухкорпусный самобалансирующийся рассев

Мелкий продукт, пройдя через отверстия сит, собирается на днищах, а крупный поступает на другое сито. Рассортированный продукт удаляется из отсека через разгрузочное устройство 7.

Скорость вращения корпусов отсека находится в прямой зависимости от радиуса окружности, описываемой корпусами при их движении. Чем меньше радиус, тем больше должна быть скорость вращения.

При работе отсека все точки корпуса и сита описывают правильные окружности одинакового диаметра. Встречая на пути

гребешок, продукт изменяет направление своего движения, и круговая траектория его приобретает форму петлеобразной кривой.

Характерными размерами каналов отсева (рис. 77) являются: b — свободная ширина канала; h — длина гребешков; $B = b + h$ — полная ширина канала; t — расстояние (шаг) между гребешками.

Скорость продвижения продукта по сити и эффективность просеивания в значительной степени зависят от размеров канала, от формы и расположения гребешков, а также от числа оборотов привода и траектории движения продукта, которая, в свою очередь, зависит от коэффициента трения продукта.

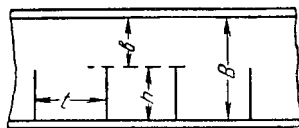


Рис. 77. Размеры каналов отсева

Свободная ширина канала b определяет ширину «мертвой» зоны, т. е. ширину струи продукта, движущегося вдоль гладкой стенки и не захватываемого гребешками.

Остальная часть продукта тоже имеет подачу, но только разной величины.

Чем ближе центр относительной траектории движения продукта к концам гребешков, тем больше будет подача.

При работе отсева продукт передвигается от одной ячейки между гребешками к другой (рис. 78).

Направление движения продукта зависит от вращения корпусов (по часовой или против часовой стрелки), а также от того, где укреплены гребешки — к левой или правой стенке канала.

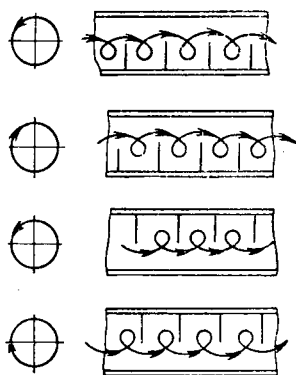


Рис. 78. Движение продукта в зависимости от направления вращения корпусов отсева и расположения гребешков

На рис. 79 показано движение продукта в канале, обе стенки которого имеют гребешки, но только с

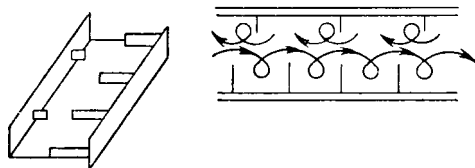


Рис. 79. Движение продукта в канале при двусторонней установке гребешков

одной стороны они расположены гораздо реже и имеют меньшую длину.

Гребешки, расположенные против основных гребешков, замедляют среднюю скорость подачи и увеличивают число столкновений частиц на сите, что ведет к уменьшению относительной скорости подачи продукта и, следовательно, к увеличению выхода просева.

Технологическая особенность отсева, его способность расслаивать продукт по величине частиц и объемному весу, является положительным фактором.

Обратное явление наблюдается при обработке волокнистого продукта в сортовках, где продукт, непрерывно перемешиваясь, создает как бы дополнительную сетку, препятствующую проникновению мелких фракций через отверстия сита.

Техническая характеристика отсева марки ЗР (по ГОСТ 5258—50)

Основные размеры, мм:		
длина		2830
ширина		1830
высота не менее		2500
Скорость вращения, об/мин		200
Требуемая мощность, квт		0,6
Эксцентриситет, мм		45
Размер корпусов, мм:		
длина		1600
ширина		930
Полезная площадь в зависимости от схемы, м ²		22,5—26

Производительность отсева на операциях обеспыливания асбестовых концентратов зависит от их качества и в среднем составляет 6—10 т/ч.

При работе на концентратах V и VI сортов сев почти в два-три раза эффективнее выделяет мелочь, чем сортовка, имея равную с ней производительность.

Гредер и бурат

Гредер и бурат также применяются для обеспыливания и классификации асбестовых концентратов.

Гредер (рис. 80) представляет собой неподвижное цилиндрическое сито длиной 3 м и диаметром 660 мм, прикрепленное с торцов к чугунным станинам. В центре сита проходит вал 1, вращающийся в шарикоподшипниках, установленных на кронштейнах станины. На валу жестко закрепляются 10 пар бил 2 (рис. 81), каждое из которых крепится перпендикулярно друг другу. На концах бил привернуты литые плоские кулачки. Вал посредством эластичной муфты соединен с электродвигателем мощностью 6,8 квт при 730 об/мин.

Продукт загружается с одного конца через воронку 3 (см. рис. 80) и отверстие в цилиндре. При вращении вала продукт энергично перемешивается и мелочь просевается, а крупное волокно благодаря несколько повернутым билам передвигается к противоположному концу, где разгружается через отверстие размером 300×250 мм. Достоинствами гредера являются небольшие размеры, горизонтальность установки, эффективность обеспыливания. Но гредер имеет большой расход электроэнергии на тонну

сортируемого продукта (3 квт·ч против 0,5 квт·ч в сортовке) и трудно работает на концентраторах с волокном жесткой текстуры, снижая производительность до 1,5 т/ч.

Бурат (рис. 82) представляет собой конический шестигранный барабан длиной 3 м. Большой диаметр барабана 1214 мм, малый 900 мм. Барабан состоит из двух чугунных концевых ободьев 1, продольная связь которых осуществляется двадцатью уголками 2, поставленными попарно и скрепленными с ободьями.

В центре барабана проходит вал 3, на котором крестообразно

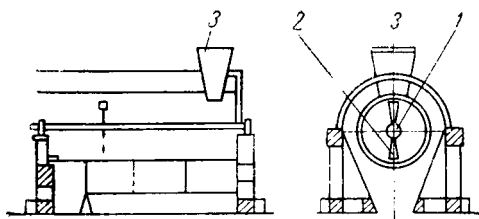


Рис. 80. Гредер

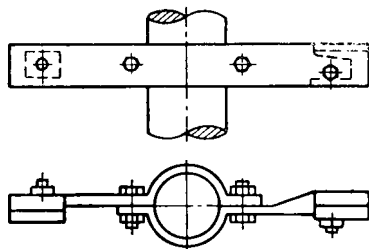


Рис. 81. Била и молотки гредера

закреплены четыре полосы 4 на равном расстоянии друг от друга, связанные по концам ребрами, образуя таким образом внутри барабана ротор 7 с большим диаметром 1055 мм и малым 720 мм. Вал вращается в двух шариковых подшипниках 5, имея на конце шкив 6.

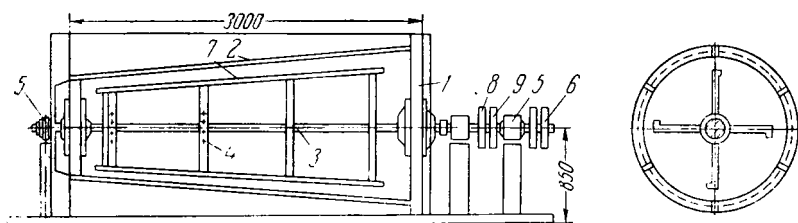


Рис. 82. Бурат

На валу свободно насажена муфта 8, на которой закреплен шкив 9. Средняя часть муфты помещается в подшипнике. Противоположный конец муфты скрепляется болтами с большим ободом. Ступица большого и малого ободьев имеет расточку, в которую вставлена втулка. В эту втулку вмонтирован шарикоподшипник, герметически закрывающийся крышками. Через муфту барабан получает вращение от шкива, причем он вращается на валу, который самостоятельно вращается от другого привода. Барабан имеет вращение в одну сторону, а вал, связанный с ротором,—

в другую. Скорость вращения барабана 30 об/мин, а ротора 120 об/мин. На барабан крепятся шесть рамок по числу граней, причем длина каждой рамки несколько короче барабана, благодаря чему на разгрузочном конце получается кольцо шириной 100 мм для выдачи крупного продукта. Продукт, загружаемый в барабан, энергично перемешивается ротором, что способствует хорошему обеспыливанию волокна в процессе передвижения его к разгрузочному концу. Производительность бурата до 6 т/ч. Обеспыливание волокна в бурате, отнесенное на 1 м обеспыливающей поверхности, выше, чем в сортовке.

Обеспыливатель асбестовый

Эффективное обеспыливание асбестовых концентратов обеспечивает вновь сконструированная машина «обеспыливатель асбестовый» ОА-1.

Горизонтальный восьми- или шестигранный каркас с гранями, закрытыми рамками с сетками, вращается на двух пустотелых цапфах в подшипниках с окружной скоростью около 1 м/сек. Диаметр вписанной окружности барабана составляет 1200 мм, длина его 3 м. Каркас помещен в герметическом металлическом кожухе.

Внутри барабана имеется шестилопастный ротор, который вращается с окружной скоростью около 17 м/сек. Концы вала ротора проходят свободно через пустотелые цапфы барабана и закреплены в отдельных подшипниках. Для продвижения обрабатываемого продукта лопасти ротора установлены винтообразно вдоль барабана от загрузочного к разгрузочному концу. При изменении угла закручивания лопастей изменяется скорость прохождение продукта по барабану, а вместе с этим и производительность обеспыливателя.

Привод ротора и барабана осуществляется через специальный редуктор от одного электродвигателя.

Глава XIV

НАКЛОННЫЕ ПЛОСКОСТИ

Наклонные плоскости служат для извлечения волокна из раздробленной высокосортной асбестовой руды после предварительной ее классификации и наиболее часто применялись для обезглавливания на старых фабриках.

Наклонные плоскости бывают простые и сложные от двукратного до пятикратного действия (рис. 83). Изготавливаются они из досок, обшитых листовой сталью, и устанавливаются под сортовкой наклонно в определенном порядке и сочетании, общей высотой 5—6 м.

Непосредственно под сортовкой по всей ширине отделения

располагают широкие неподвижные плоскости с наклоном $40-45^\circ$ при простой системе плоскостей и на 25° — при сложной. Все последующие плоскости имеют устройства для регулировки наклона в зависимости от крупности и качества руды.

Выделение волокна из руды при сложной системе плоскостей происходит за счет различия не только коэффициентов трения,

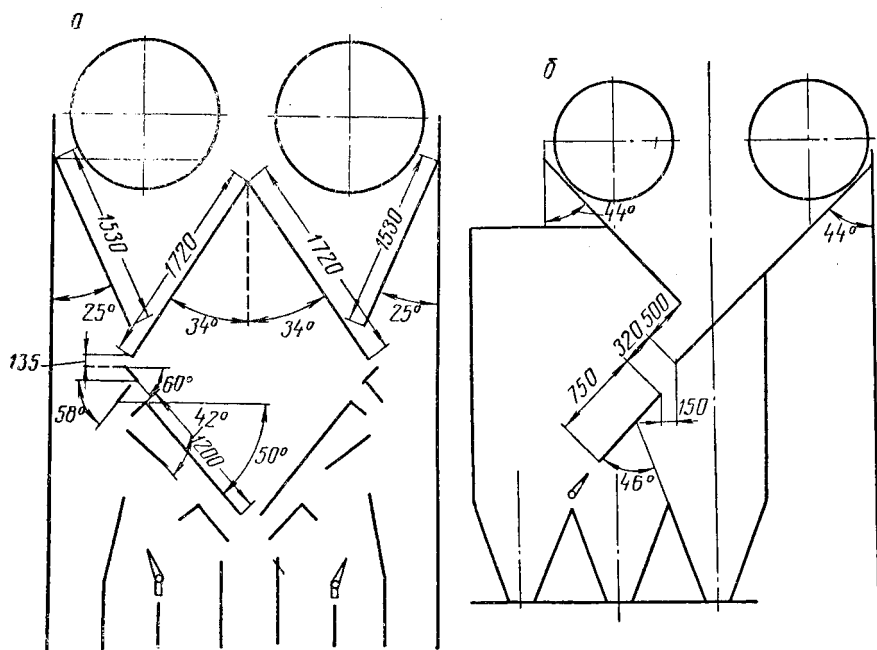


Рис. 83. Наклонные плоскости:
а — пятикратного действия, б — двукратного действия

но и коэффициентов упругости. Для этого перпендикулярно плоскостям устанавливаются другие плоскости (отбойники), ударяясь о которые, куски породы и сростки асбеста с породой отлетают дальше, чем асбестовое волокно.

Для нормальной работы плоскости необходимо, чтобы руда по ней двигалась в один слой и плотность заполнения продуктом не превышала 50% площади плоскости. Производительность сортовок с плоскостями составляет 1,5 т/ч при крупности продукта 5—10 мм и 5 т/ч при крупности продукта 10—20 мм.

Главным преимуществом обогатительных плоскостей является то, что они обеспечивают высокие технологические показатели при полном отсутствии механизмов и энергопотребления. Однако они довольно чувствительны даже к незначительно повышенной влажности обрабатываемого продукта.

Изменение текстуры волокна в продукте также требует регу-

лировки наклона плоскостей, которая представляет собой довольно сложную и кропотливую операцию.

Указанные недостатки и малая производительность на единицу объема установки ограничивают возможность применения наклонных плоскостей на мощных асбестообогатительных фабриках.

Глава XV

СЕПАРАТОРЫ

Центробежные и пневматические сепараторы различных конструкций применяются в асбестовой промышленности для извлечения черновых концентратов из раздробленной руды в ДСК, из руды и промпродуктов различных стадий цеха обогащения и в отдельных случаях — для перечистки черновых концентратов и извлечения волокна из продуктов при дополнительной доработке хвостов обогащения.

Центробежный воздушный сепаратор Механобра (рис. 81) имеет наружный и внутренний кожухи с разгрузочными устройствами 1 в их нижней части, ротор, состоящий из пустотелого вала 2, вентиляторные колеса 3 и 4, разбрасывающую тарелку и диафрагменные лопатки 5, регулируемые с помощью штурвала 6. Ротор сепаратора приводится в движение клиновидной передачей от электродвигателя мощностью 22 квт.

Внутренний кожух сепаратора покрыт футеровочными плитами для предохранения от быстрого износа.

Работа сепаратора происходит следующим образом: продукт из желоба через загрузочную трубу, установленную внутри пустотелого вала, попадает на разбрасывающую тарелку, которая, вращаясь с валом ротора, разбрасывает продукт от центра к периферии внутреннего кожуха. Вращающееся колесо одновременно создает восходящий спиральный поток во внутреннем кожухе, который, пройдя вентиляторное колесо, поворачивается вниз в кольцевом пространстве между внутренним и наружным кожухами.

На границе перехода цилиндрической части кожуха в коническую на внутреннем кожухе имеется жалюзийное устройство, позволяющее воздушному потоку снова направляться во внутренний кожух.

Создаваемый воздушный поток пересекает зону разбрасывания продукта и уносит с собой наиболее легкие частицы.

Унесенный воздухом легкий продукт попадает в кольцевое пространство между кожухами и под действием нисходящей спиральной струи воздуха прижимается к стенке наружного кожуха, теряя при этом скорость, осаждается в конической части сепаратора и разгружается через разгрузочную воронку.

Технологические показатели обогащения в сепараторе определяются воздушным режимом его работы, который характери-

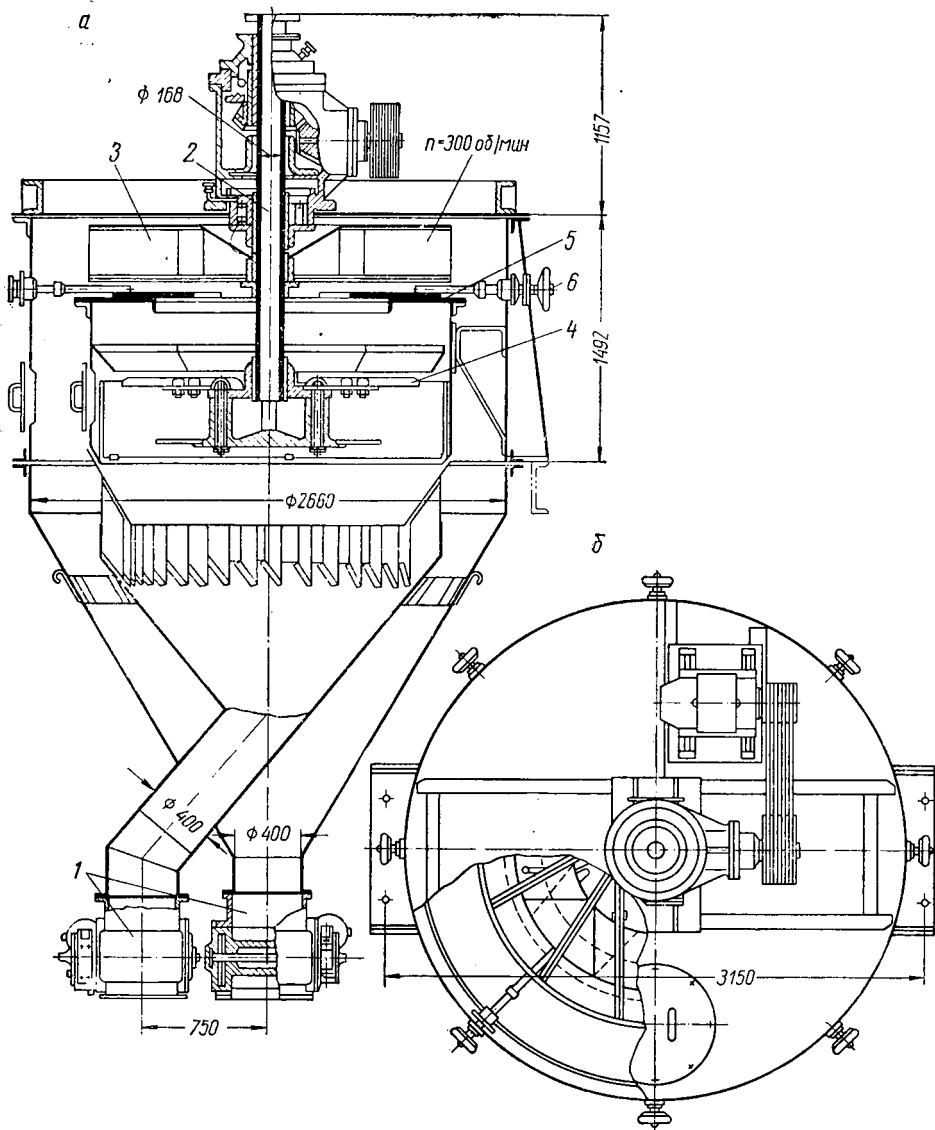


Рис. 84. Центробежный воздушный сепаратор Механобра:
 а — разрез, б — план

зуется производительностью по воздуху и создаваемым напором, идущим на преодоление внутренних сопротивлений движению воздуха и сообщение ему скорости.

Регулировку воздушного режима сепаратора производят изменением скорости вращения ротора, положения диафрагмы и количества дополнительных лопаток.

С помощью диафрагменных лопаток изменяется величина всасывающего отверстия вентиляторного колеса (положение диафрагмы) и тем самым изменяется производительность сепаратора по воздуху.

Дополнительные, так называемые отбойные, лопатки служат для отбивания гали, и количество их может изменяться.

При полностью открытой диафрагме и отсутствии дополнительных лопаток создается более сильный воздушный режим работы сепаратора.

Технологические показатели работы сепаратора, по данным НИИАсбеста, меняются при изменении производительности его по свободному волокну более закономерно, чем при изменении производительности по исходному продукту.

При работе сепаратора с относительно одинаковой производительностью по волокну и прочих равных условиях на полужестком продукте извлечение асбеста в концентрат получается ниже, чем при работе его на продукте с более мягкой текстурой. С уменьшением производительности сепаратора по волокну извлечение асбеста в концентрат увеличивается.

Производительность сепаратора в зависимости от содержания свободного асбеста в руде приведена в табл. 32.

Таблица 32
**Зависимость производительности сепаратора
от содержания свободного волокна асбеста в руде**

Содержание свободного асбеста в исходном продукте, %	Производительность по исходному продукту, т/ч	
	Полужесткая текстура	Мягкая текстура
0,5—1,0	35—40	45—50
1,5—2,0	30—35	35—40
2,5—3,0	20—25	25—30
3,5—4,0	10—20	20—25

Извлечение асбеста составляет 75—85%. Сепараторы могут устанавливаться вместо грохотов с отсасыванием в любой стадии обогащения.

При установке их в первых стадиях обогащения целесообразно классифицировать исходный продукт с направлением в сепаратор только класса —15 мм, что предохранит сепаратор от быстрого износа.

Широкому распространению сепаратора препятствуют его большие габариты. Общая высота сепаратора 5390 мм, диаметр корпуса 2800 мм, диаметр вентиляторного колеса 2100 мм.

Воздушный сепаратор ВСФ* (рис. 85) состоит из верхней цилиндрической части кожуха 1, нижнего конического кожуха, через который разгружается концентрат, и внутреннего кожуха 2 с желобом для разгрузки хвостов. Верхняя часть кожуха закрывается крышкой, имеющей смотровые люки.

Исходный продукт через загрузочную трубу диаметром 310 мм

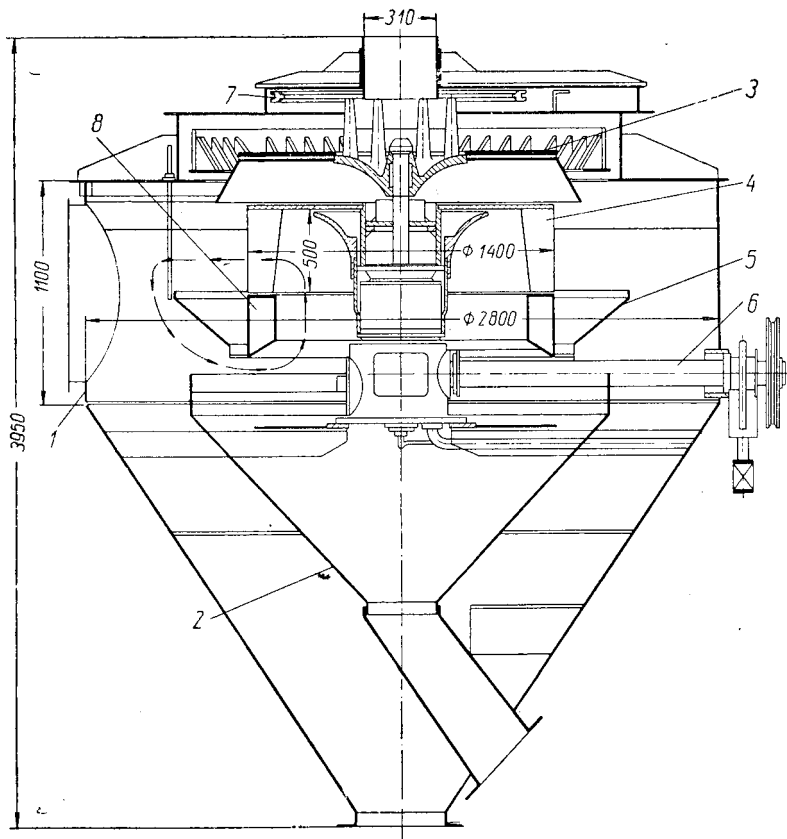


Рис. 85. Центробежный воздушный сепаратор ВСФ 1100/2600

подается на разбрасывающий диск 3. При вращении диска продукт разбрасывается к периферии и, ударяясь о ребристое отбойное кольцо, теряет скорость и падает вниз через зазор между крышкой диска и отбойным кольцом, где попадает в зону сепара-

* Конструкции Л. И. Фетисова.

ции и пронизывается воздушным потоком, создаваемым вентиляторным колесом 4.

В зоне сепарации отделяются более легкие частицы (волокно, пыль и мелкая галь) от крупной гали.

Легкие частицы выносятся в циклонную зону, а более крупные через приемный конус 5, укрепленный на трех подвесках, перемещаются в вертикальном направлении на 80 мм и попадают во внутренний конус с разгрузочным желобом.

Воздушный поток, создаваемый вентиляторным колесом, проходя через зоны сепарации и циклонную, возвращается через пространство между нижней крышкой приемного конуса и верхней крышкой внутреннего кожуха во всасывающий раструб 8 и далее в вентиляторное колесо.

Вентиляторное колесо вращается от электродвигателя (мощностью 14 кВт, со скоростью вращения 730 об/мин) через горизонтальный вал 6 с помощью клиновидной передачи и пары конических шестерен.

Для предохранения от попадания продукта на лопажки вентиляторного колеса поставлен отражатель. Смазка подшипников и шестерен — принудительная от маслососа. Скорость вращения вентиляторного колеса изменяется в пределах 300—400—500 об/мин сменой шкивов на валу сепаратора или электродвигателя.

Воздушный режим регулируется изменением скорости вращения вентиляторного колеса.

Разбрасывающий диск имеет независимый привод 7. Скорость вращения диска изменяется в пределах 60—80—100 об/мин. Производительность сепаратора от 25—30 до 50 т/ч. Извлечение асбеста в хвостах 96—97%, содержание асбеста в хвостах 0,06—0,1% при обработке продукта с низким содержанием свободного волокна.

При повышенном содержании свободного волокна следует увеличивать скорость воздушного потока в зоне сепарации за счет увеличения скорости вращения вентиляторного колеса, но при подобной регулировке потери в хвостах сепарации несколько увеличиваются.

При работе на продуктах третьей и четвертой стадий дробления сепаратор дает лучшие результаты, чем на продуктах первой стадии.

По потреблению электроэнергии сепаратор ВСФ оказывается почти в 10 раз экономичнее грохотов с отсасыванием, но выдаваемые им концентраты содержат много пыли (30—40%) и до 65% гали. Практическое применение сепараторы ВСФ нашли при очистке от пыли и волокна товарных классов хвостов обогащения.

Воздушно-проходной двухсекционный сепаратор, представленный на рис. 86, состоит из корпуса 1 и приемника 2.

На корпусе установлена приемная горловина 3. Внутри корпуса смонтированы два барабанных питателя 4 с поворотными плитами — «мигалками» 5.

Приемник (собственно сепаратор) представляет собой прямоугольный параллелепипед, разделенный перегородкой из листовой стали на симметрично расположенные секции.

В каждую секцию вмонтированы: направляющая плоскость 6,

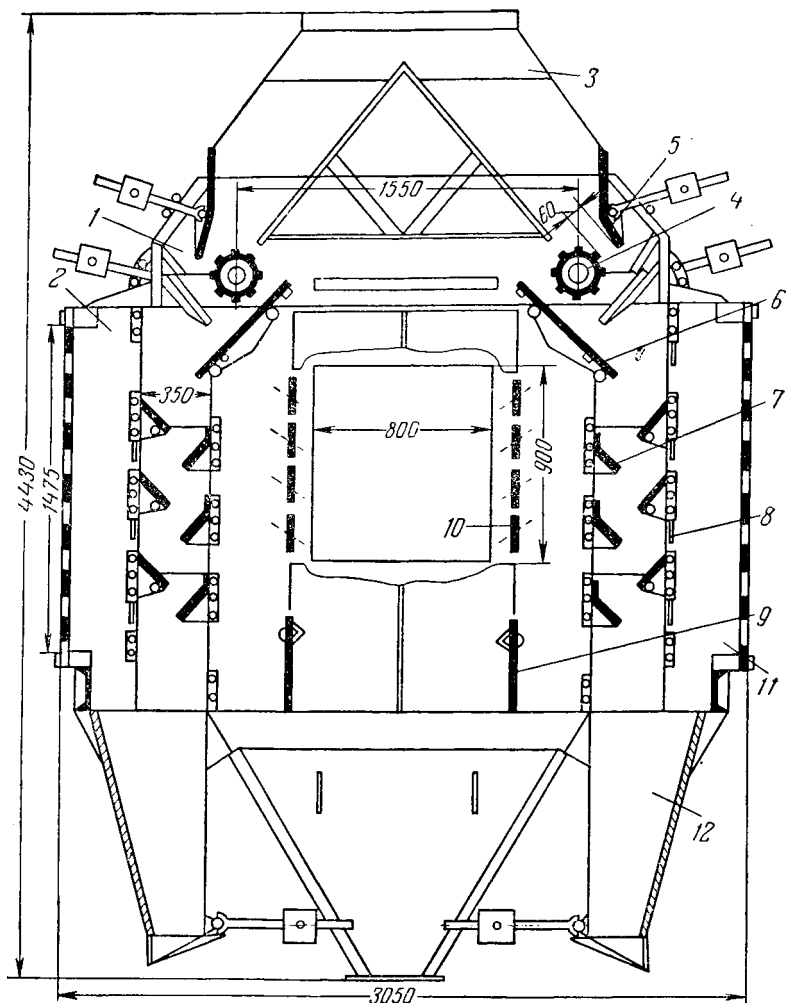


Рис. 86. Воздушно-проходной сепаратор

плоскости каскада 7, выдвижные щиты 8 для дросселирования поступающего в сепаратор воздуха, поворотные заслоны — большой 9 и малый 10 для изменения скорости и направления движения воздуха во внутренней зоне сепарации, а также рассеивающая воздух сетка 11. В нижней части сепаратора находятся сборники 12 для хвостов и промпродукта сепаратора.

В целях создания герметичности сборники для хвостов закрыты клапанными затворами, а сборники для промпродукта — лопастными затворами. При сепарации руды она из приемной горловины барабанным питателем подается по направляющим плоскостям на верхнюю плоскость каскада.

Во время падения руды в зоне сепарации с плоскости на плоскость она пронизывается струей воздуха, поступающего в сепаратор через воздухорассеивающую решетку.

Более легкие частицы — волокно, пыль и некоторая часть мел-

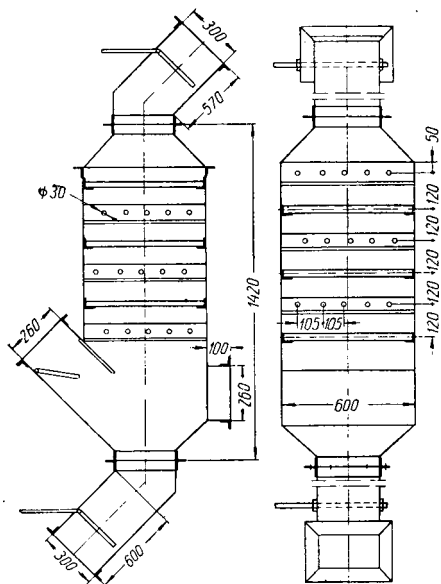


Рис. 87. Пневматическая камера

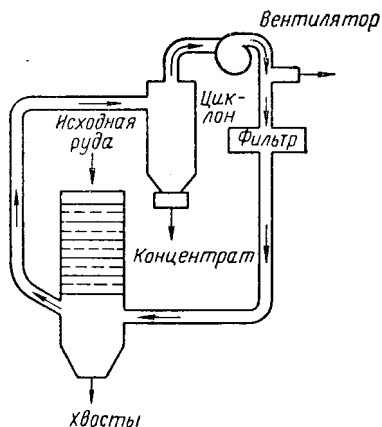


Рис. 88. Пневматическая камера, работающая в замкнутом цикле с пневматической системой.

кой гали — увлекаются воздушным потоком во внутреннюю часть сепаратора, где благодаря большой площади его сечения поток теряет свою первоначальную скорость и наиболее тяжелые частицы волокна и гали под действием силы тяжести попадают в бункер для промпродукта.

Оставшееся во взвешенном состоянии асбестовое волокно и пыль потоком воздуха уносятся по трубопроводам в циклон.

Крупные куски руды, падая с нижней плоскости каскада, поступают в бункер для хвостов сепарации.

Пневматическая камера может применяться для извлечения концентратов. Простейшая по конструкции камера представляет собой металлический корпус, в верхней части которого расположено несколько рядов колосников, как указано на рис. 87.

Продукт, загружаемый через верхнюю воронку с клапанным затвором, рассредоточивается на колосниках, замедляет свое падение и пронизывается горизонтальной струей воздуха. При этом пыль и значительная часть свободного волокна уносятся воздухом в циклон, а тяжелая фракция через нижнюю воронку с клапанным затвором удаляется из аппарата.

Пневматическая камера может работать в замкнутом цикле с пневматической системой (рис. 88), но в этом случае и без того запыленный концентрат еще более загрязняется, что затрудняет его перемешку.

Пневматическую камеру данной конструкции целесообразно применять только для вспомогательных операций.

Более совершенной является пневматическая камера с плоскостями или направляющими вместо колосников, как это сделано в воздушно-проходном сепараторе, что обеспечивает концентрацию волокна в одном месте, чем создаются лучшие условия для его извлечения.

Глава XVI

ОБОРУДОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Пневматический транспорт на асбестообогатительных фабриках предназначен для извлечения асбестовых концентратов и их транспортирования.

Схема одной системы пневматического транспорта состоит из следующего комплекса: воздухоприемника (сопло), циклона с разгрузителем, вентилятора и системы воздухопроводов (всасывающий и нагнетательный).

Воздухоприемники. Для извлечения концентратов с грохотов применяют воздухоприемники различных конструкций. Наиболее распространенным является воздухоприемник — сопло (рис. 89), представляющий собой плоскую трубу 1 переменного сечения, изготовленную из трех-четырёхмиллиметровой листовой стали, заканчивающийся вверху цилиндрическим патрубком 2, телескопически соединенным с воздухопроводом 3 при уплотняющей манжете.

В нижней части воздухоприемник имеет два фартука 4, изготовленных из листовой стали, шарнирно присоединяемых к воздухоприемнику с соответствующим уплотнением. Установка фартука в требуемом положении производится с помощью винтовой тяги или цепочки с крючком 5.

Интенсивность отсасывания волокна регулируется изменением положения фартуков, шибером или дроссельным клапаном, устанавливаемым в воздухопроводе перед вентилятором, а также подъемом или опусканием самого воздухоприемника с помощью винтового устройства 7.

Во избежание бокового подсоса воздуха воздухоприемник с торцов плотно закрывается крышками 6.

Длина воздухоприемника принимается на 40 мм меньше ширины грохота с тем, чтобы при движении грохот не задевал за него. Зазоры между бортами грохота и боковыми стенками воздухоприемника должны быть небольшими, чтобы исключить прохождение струек волокна в этих местах.

Поперечное сечение воздухоприемника может быть приближенно эллиптическим, тогда уменьшается так называемый обтекаемый периметр и уменьшается сопротивление движению воздуха. У этих воздухоприемников все четыре образующие — прямые, скорость воздуха внутри воздухоприемника на расстоянии приблизительно одной трети от основания уменьшается, что при высоком содержании волокна в воздухе приводит к накапливанию его в этом сечении и частичному сбрасыванию его обратно на грохот.

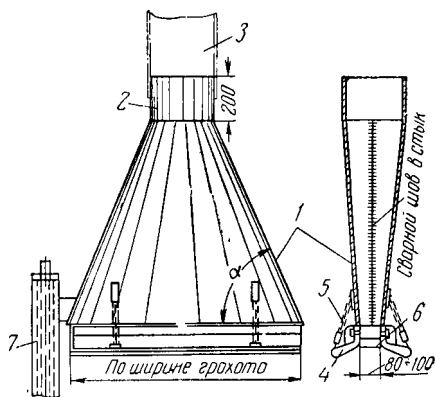


Рис. 89. Воздухоприемник

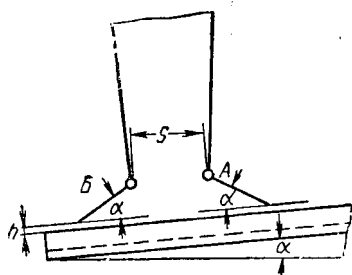


Рис. 90. Расположение воздухоприемника над декой грохота

В настоящее время находят широкое применение воздухоприемники прямоугольного сечения, у которых передняя и задняя стенки делаются плоскими, а боковые — по плавной кривой таким образом, что скорость движения воздуха в воздухоприемнике возрастает по закону прямой линии.

Эффективность отсасывания концентратов с деки грохота зависит от скорости засасываемого в сопло воздуха, что для одного и того же количества воздуха определяется величиной нижнего поперечного сечения воздухоприемника, которая должна быть равна площади сечения воздухоприемника или превышать ее (для труб диаметром до 360 мм на 20—30% и для труб диаметром более 360 мм на 10—15%).

Высота воздухоприемника зависит от его длины и принимается с таким расчетом, чтобы угол α (рис. 89) был не менее 60—70°. Ширина приемной щели воздухоприемника по всей его длине должна быть одинаковой, чтобы обеспечивать одинаковую скорость засасываемого воздуха во всех участках.

Эффективность работы воздухоприемника зависит от положения фартучков — переднего *A* и заднего *B* и от ширины входного отверстия *S*.

Воздухоприемник подвешивается над декой грохота на расстоянии 100—150 мм от ее конца. Величина *h* должна быть в среднем такой, чтобы при полном опускании фартучков последние касались сетки на деке и образовывали с ней угол не менее 45°.

При внутренней ширине деки грохота 1400 мм длина воздухоприемника 1360 мм.

Исследованиями установлено, что на грузовых грохотах наибольшее извлечение волокна

происходит при $S=80$ мм и расположении фартучков — переднего *A* под углом $\alpha=18^\circ$ к плоскости грохота или 4° к плоскости горизонта и заднего *B* — под углом $\alpha=32^\circ$ к плоскости грохота или 45° к плоскости горизонта (рис. 91).

Для перечистных грохотов следует принимать $S=100$ —140 мм, расположение фартучков *A* под углом $\alpha=37^\circ$ к плоскости грохота или 30° к плоскости горизонта, фартучка *B* под углом $\alpha=51^\circ$ к плоскости грохота или 58° к плоскости горизонта.

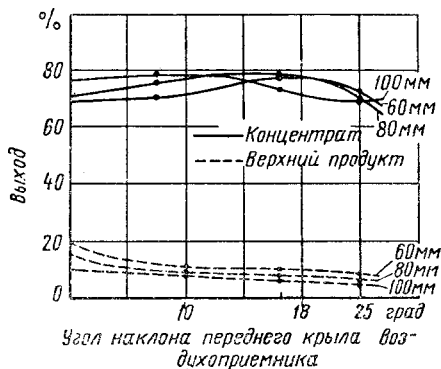


Рис. 91. График зависимости выхода концентрата от угла наклона переднего фартучка воздухоприемника

В практике эксплуатации воздухоприемников величина большего или меньшего отклонения фартучков регулируется в зависимости от количества свободного волокна в исходном продукте.

Вертикальная ось воздухоприемника должна быть перпендикулярна к плоскости грохота или иметь наклон в сторону разгрузки с грохота.

На грохоте под воздухоприемником устанавливается сетка с стверстиями 3—5 мм для обеспечения восходящей струи воздуха из-под деки, чем уменьшается подсос воздуха с боков и обеспечивается лучшее извлечение концентрата.

Расход воздуха на один воздухоприемник определяется следующими величинами: при обогащении рядовых руд для грузовых грохотов 6500 м³/ч и для перечистных 5500 м³/ч. При обогащении высокосортных руд для грузовых грохотов расход воздуха равен 13 000 м³/ч и для перечистных 11 000 м³/ч.

Циклоны

Для осаждения асбестовых концентратов из воздушного потока применяется центробежный тип осадителя — циклон, состоя-

щий из металлического цилиндра, заканчивающегося внизу конусом и имеющим внутреннюю выхлопную трубу, установленную по его оси. Принцип работы циклона заключается в следующем: смесь продукта с воздухом по всасывающему воздухопроводу вводится по касательной в верхнюю часть циклона, вследствие чего воздух и находящийся в нем продукт движутся внутри по спирали вниз. Под влиянием развивающейся при этом центробежной силы более тяжелые частицы асбестового концентрата отбрасываются к стенкам циклона; соприкасаясь с последними, эти частицы теряют скорость и выпадают в коническую часть, откуда и разгружаются применяемыми шлюзовыми затворами.

Величина центробежной силы, действующей на частицу в циклоне

$$P = \frac{mv^2}{r}, \text{ кг,}$$

где m — масса частицы, $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}$;

v — окружная скорость движения частиц в циклоне, $\text{м}/\text{сек}$;

r — радиус цилиндрической части циклона, м .

Если частица имеет вес Q , масса ее равна

$$m = \frac{Q}{g}, \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м,}$$

где g — ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{сек}^2$.

Тогда

$$P = \frac{Qv^2}{gr}, \text{ кг.}$$

Приведенное уравнение справедливо только для частиц, имеющих некоторый определенный вес Q , больший, чем вес частиц, скорость витания которых в подвижной имеющейся в циклоне воздушной струе будет препятствовать осаждению. Следовательно, циклон может осаждать только относительно тяжелые частицы. Пыль и некоторое количество особенно сильно распушенного волокна поступают снизу во внутреннюю трубу циклона и уносятся в воздухоочистные или, иначе говоря, пылесадительные устройства.

На рис. 92 показана схема движения продуктов в циклоне.

Для повышения эффективности работы циклона входное отверстие должно быть размером $550 \times 300 \text{ мм}$; при этом большую сторону следует располагать параллельно оси циклона.

Необходимым условием нормальной работы циклона является полная герметизация всех его узлов и особенно конусной части.

При транспортировании концентратов рядовых асбестовых руд скорость воздуха в воздухопроводах до циклона принимается не менее $18 \text{ м}/\text{сек}$ и при транспортировании концентратов высококачественных руд не менее $22 \text{ м}/\text{сек}$, что определяется недопустимостью

осаждения продуктов транспортирования в воздухопроводах. Скорость воздуха в воздухопроводе после циклона при обогащении как рядовых руд, так и высокосортных принимается не менее 12 м/сек , чтобы предотвратить осаждение в воздухопроводе частиц, не выпавших в циклоне.

Наиболее рациональный режим работы циклона достигается при скорости входа воздуха в циклон от 18 до 35 м/сек . При этом оптимальная скорость зависит от весового соотношения транспортируемой смеси: воздух + взвешенные в нем частицы и прини-

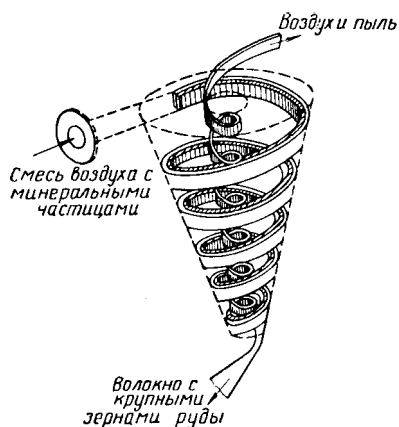


Рис. 92. Схема движения продукта в циклоне

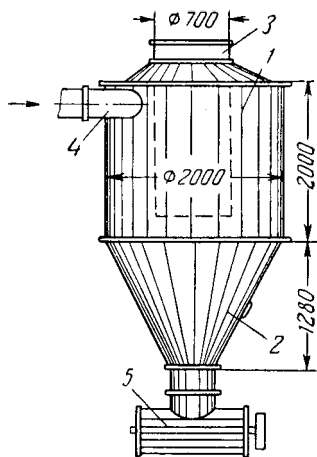


Рис. 93. Цилиндрический циклон

мается равной при концентрации $1:5$ в пределах $18-20 \text{ м/сек}$, при концентрации $1:2,5$ или $1:3$ в пределах $30-35 \text{ м/сек}$.

Верхний предел скорости обуславливается тем, что с повышением скорости, эффективность циклона повышается незначительно, а сопротивление его возрастает примерно пропорционально квадрату входной скорости.

Производительность циклона диаметром 2 м по воздуху составляет $8000-10000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Не рекомендуется снижение скорости воздуха у входа в циклон менее 18 м/сек и работа при отношении твердого к воздуху менее $1:2$.

Удовлетворительными параметрами работы циклона при обогащении асбеста являются: коэффициент полезного действия $0,95-0,98$; сопротивление $40-50 \text{ мм вод. ст.}$

Цилиндрический циклон (рис. 93) состоит из цилиндрической части 1 и конической 2, плотно соединенных на фланцах.

Циклоны, работающие в первых стадиях обогащения, изготовляются из четырехмиллиметровой листовой стали, а для послед-

них стадий — из трехмиллиметровой с установкой брони во внутренней части.

Диаметр цилиндрической части 2 и 2,5 м, высота цилиндрической части 2 м, высота конической части 1,2 и 1,3 м, угол конусности 30—40°. В центре цилиндрической части циклона, через его верхнюю крышку, проходит труба 3, диаметр которой приблизительно равен радиусу циклона или не менее двух третей его диаметра.

Внутренняя труба циклона доходит до конической части циклона или ниже и выше ее на 200—300 мм. С укорочением трубы к. п. д. циклона снижается.

Винтообразное движение продукта в циклоне сохраняется и при отсутствии внутренней трубы, но при этом к. п. д. циклона снижается всего на 4—5%, а сопротивление уменьшается почти в 1,5 раза.

Наивыгоднейшая высота от верхнего фланца разгрузителя до нижнего конца внутренней трубы 1700 мм. Вверху цилиндрической части циклона касательно к нему приваривается патрубок 4, соединенный с воздухопроводом.

Внутренняя часть циклона, куда вводится воздухопровод, имеет брони для предупреждения износа корпуса циклона. В конической части имеется люк для осмотра и прочистки, герметически закрывающийся крышкой. К конусной части с помощью фланцев присоединяется разгрузитель 5.

Особенность **циклона конструкции Проммеханизации** (рис. 94) заключается в том, что его верхняя часть представляет собой усеченный конус и воздух в циклон поступает по наклонной винтовой линии. Диаметр циклона 1,5 и 2 м.

Горизонтальный циклон (рис. 95) представляет собой полуцилиндр, расположенный горизонтально и переходящий в конический бункер.

Циклон с направляющими лопастями в выхлопной трубе (рис. 96) имеет в цилиндрической и конической частях трубы люки и направляющие лопатки, позволяющие воздуху постепенно удаляться из циклона, чем достигается уменьшение его скорости.

Циклон Промстройпроекта (рис. 97) в основном отличается наличием улитки в верхнем конце внутренней трубы. Диаметр циклона 1,5—2 м. Входящая в циклон струя воздуха совершает движение по спирали; таким же образом, т. е. винтообразно, струя воздуха входит и в выхлопную трубу.

Движение воздушной струи по винтовой линии вместо прямолинейного движения требует дополнительного расхода энергии и поглощения напора, развиваемого вентилятором. Чтобы избежать этого, на выхлопной трубе циклона имеется спиральный кожух.

Движущаяся по спирали струя воздуха входит в спиральный корпус и как бы выпрямляется, выходя из него по касательной.

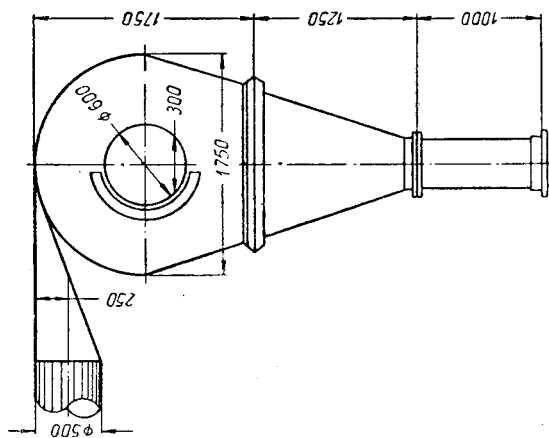
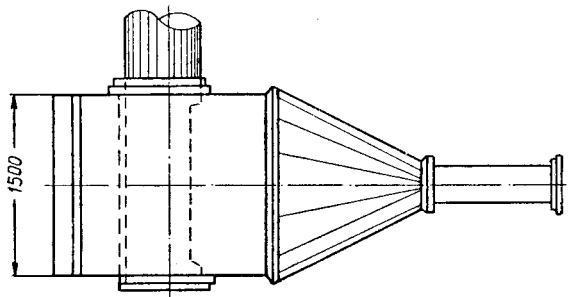


Рис. 95. Горизонтальный циклон

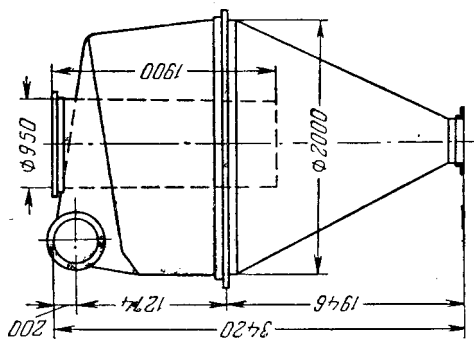


Рис. 94. Циклон конструкции Проммеханизации

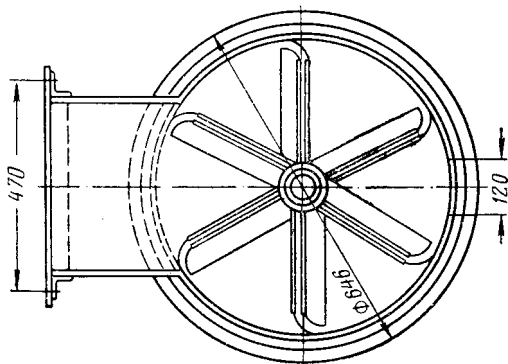


Рис. 98. Шлюзовой затвор

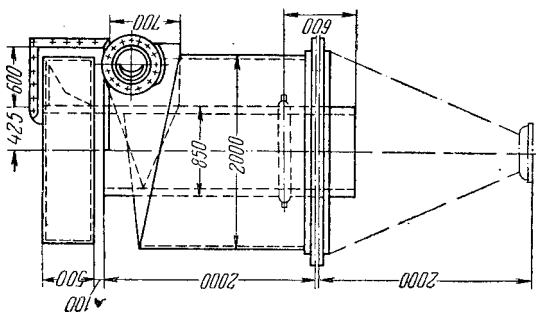


Рис. 97. Циклон конструи Promстрой-проекта

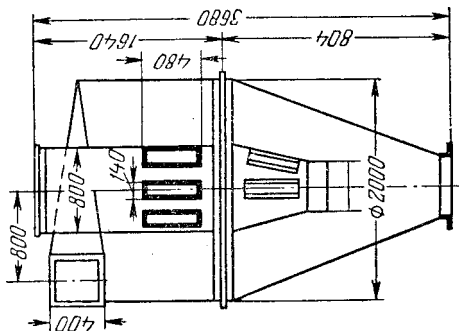


Рис. 96. Циклон с направляющими лопастями в выходной трубе

Простейшим видом такой «улитки» является обыкновенный корпус вентилятора.

Далее воздушная струя идет ламинарно, в виде параллельных прямолинейных струек.

Конструктивно применение «улиток» выгодно в том отношении, что не требуется дополнительной высоты установки для отвода, выполняемого по определенному радиусу закругления.

Лучшие результаты при обогащении асбеста получаются при работе циклонов Промстройпроекта и циклонов с направляющими лопатками во внутренней трубе.

По данным НИИасбеста циклон с направляющими лопатками во внутренней трубе при диаметре 2000 мм имеет: к. п. д. 96,8—98,3%, сопротивление 50 мм вод. ст. и дает наименьший вынос продукта. Этот циклон обладает высокой износоустойчивостью.

Циклон Промстройпроекта имеет почти такую же эффективность (к. п. д. 97,8%), но отличается примерно на 30% меньшим сопротивлением. Отсутствие направляющих лопаток на внутренней трубе делает этот циклон более простым.

В табл. 33 приводится характеристика отдельных параметров циклонов.

Таблица 33

Характеристика циклонов

Тип циклона	Площадь воздухопротода, м ²	Размер входного отверстия, мм	Площадь выходного отверстия, м ²	Диаметр внутренней трубы, мм	Отношение площади выхода к площади входа
С направляющими лопатками на внутренней трубе	0,165	550×300	0,503	800	3,05
	0,14	350×400			
Проммеханизации	0,083	325	0,71	950	8,55
Промстройпроекта	0,126; 0; 0,167	400, 460	0,567	850	7,1; 2,9
	0,193; 0,08	600, 320	0,385	700	4,8; 2,0
	0,096; 0,107	350, 370	—	—	—

При работе циклона под нагрузкой герметизация конусной его части при непрерывной выгрузке продукта осуществляется шлюзовыми затворами. Наиболее распространенным является шлюзовой затвор (рис. 98), состоящий из шестилопастного барабана с валом.

Корпус затвора и барабана — сварные. Зазор между внутренней цилиндрической поверхностью корпуса и металлическими лопастями 50 мм. Каждая лопасть для жесткости связана с двумя соседними четырьмя треугольными косынками. Лопасты окантованы с трех сторон прорезиненной лентой, плотно прижимающейся к стенкам корпуса и перекрывающей зазор между барабаном и внутренней частью корпуса. Скорость вращения ротора разгрузителя 12—18 об/мин. Потребная мощность 0,8—1,5 квт. Вес за-

твора (с редуктором и электродвигателем) 205 кг. Подсосы воздуха составляют в магистрали до циклона 15% и через разгрузитель 10% общего расхода воздуха.

Воздухопроводы

Диаметр воздухопровода определяется в каждом отдельном случае в зависимости от условий. Длина воздухопроводов должна быть минимальной, так как с увеличением длины повышается сопротивление и ухудшается отсасывание. Практикой установлено, что длина сети воздухопровода не должна превышать 30 м. При установке воздухопроводов избегают излишних изгибов и колен и за воздухоприемником по возможности оставляют прямой вертикальный участок длиной не менее 4 м.

Воздухопроводы изготавливаются из трех-четыремиллиметровой стали \varnothing 320—460 мм. Участки труб соединяются на фланцах, хотя вполне рационально было бы во избежание подсосов воздуха в неплотностях фланцевых соединений их максимально исключить, заменив соединения отдельных звеньев воздухопровода электросваркой.

Износ труб в грузовом потоке и особенно отводов значителен. Для увеличения срока службы отводов их внутренние поверхности либо наплавляются сталинитом, либо они сами делаются прямоугольного сечения со сменными плоскими, но выгнутыми по радиусу отвода бронеми.

Вентильторы

Устойчивая работа пневматического транспорта зависит от бесперебойной работы вентилятора, правильный расчет и выбор которого определяет эффективность извлечения волокна.

До последнего времени применялась классификация вентиляторов по величине развиваемого напора, согласно которой они разделяются на три группы:

вентиляторы низкого давления — до 100 мм вод. ст.;

среднего давления — 100—200 мм вод. ст.;

высокого давления — более 200 мм вод. ст.;

Эта классификация не дает зависимости между напором, производительностью и скоростью вращения ротора. Если, например, вентилятор при скорости вращения рабочего колеса 1470 об/мин развивает напор 450 мм вод. ст., то при скорости вращения 950 об/мин он будет развивать напор 200—210 мм вод. ст., т. е. напор вентилятора зависит от скорости вращения ротора. Один и тот же вентилятор при соответствующих скоростях вращения ротора может быть вентилятором высокого, среднего и низкого давления.

Поэтому в настоящее время получила распространение класси-

фикация вентиляторов по коэффициенту быстроходности n_y , для вычисления которого ЦАГИ* была предложена формула

$$n_y = \frac{\sqrt{Q_{\text{сек}}}}{\sqrt[4]{H^3}} n,$$

где $Q_{\text{сек}}$ — секундная производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{сек}$;
 H — напор, развиваемый вентилятором, мм вод. ст. ;
 n — скорость вращения ротора вентилятора, $\text{об}/\text{мин}$.

Коэффициент быстроходности не зависит от скорости вращения ротора и более правильно отражает конструкцию и характеристику вентилятора. Для центробежных вентиляторов n_y находится в пределах 20—100. Чем выше n_y , тем более низконапорным является вентилятор.

По величине n_y вентиляторы разделяются на следующие группы:

тихоходные $n_y = 15—30$;

средней быстроходности $n_y = 30—40$;

быстроходные $n_y = 40—100$.

Значения коэффициента n_y являются удобными при выборе типа вентилятора по заданию и при расчете его размеров, а также определении размеров и характеристики вентилятора методом подсчета по подобию.

По направлению вращения вентиляторного колеса различают вентиляторы правого и левого вращения. Если смотреть со стороны привода, то вентиляторы правого вращения имеют вращение по часовой стрелке, а левого вращения — против.

По конструкции лопатки колеса вентиляторов могут быть радиальными, загнутыми назад или вперед.

В настоящее время на асбестообогащительных фабриках в основном применяют центробежные вентиляторы среднего давления типа Ф-3 (что означает фабрика № 3) конструкции Поляковского и вентиляторы высокого давления ВДР № 9¹/₂ конструкции Рысина.

Вентиляторы устанавливаются по ходу воздушного потока после циклонов и в непосредственной близости от них.

Выбор вентилятора зависит от количества воздуха, необходимого для отсасывания волокна, длины воздухопроводов, количества и качества волокна.

Работа вентилятора характеризуется:

производительностью Q ($\text{м}^3/\text{ч}$), т. е. объемом воздуха в кубических метрах, перемещаемого вентилятором за 1 ч;

напором H (мм вод. ст.) или давлением, которое при данной производительности развивается вентилятором;

* ЦАГИ — Центральный аэродинамический институт.

мощностью P , которая требуется для получения от вентилятора необходимой производительности и напора.

Все эти величины могут меняться в широких пределах. При определенной скорости вращения, меняя сопротивление сети, можно получить от вентилятора различную производительность. При этом будет изменяться статический и полный напор, потребляемая мощность и к. п. д. вентилятора.

Вентилятор Ф-3 (рис. 99) имеет спиральный разборный кожух 1, выполненный сваркой из трехмиллиметровой листовой стали. Внутренняя часть обечайки закрыта сменными бронями.

Внутри кожуха помещается колесо, которое имеет передний

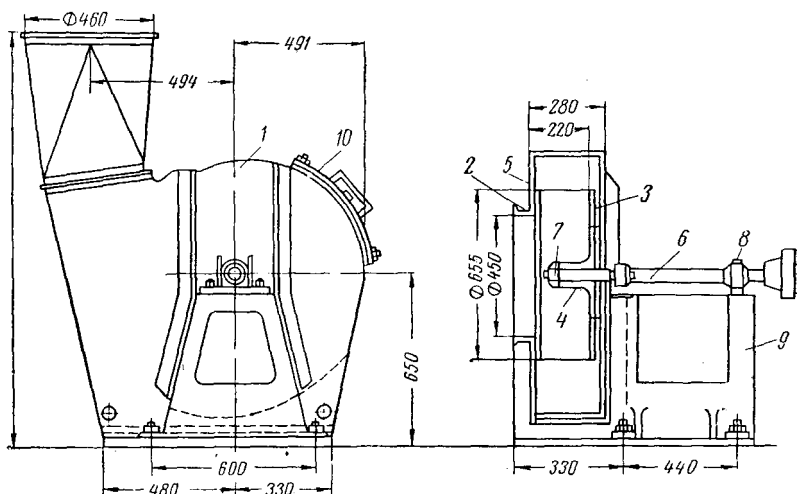


Рис. 99. Вентилятор Ф-3

диск 2, задний диск 3, втулку 4 и лопасти 5. Колесо вентилятора клепаное и имеет штампованные лопасти, загнутые вперед.

Задний диск прикреплен к литой втулке. С помощью втулки колесо насаживается на вал 6 и закрепляется гайкой 7, для чего вал на конце имеет коническую заточку и нарезку.

Вал вращается в двух шарикоподшипниках 8 и соединяется с валом электродвигателя эластичной муфтой. Подшипники устанавливаются на раме 9. Для осмотра колеса в кожухе имеется смотровое окно 10, герметически закрывающееся крышкой.

Данный вентилятор быстроходный (коэффициент быстроходности 42,4) и изготавливается с выхлопным патрубком, направленным вверх.

Наиболее изнашивающейся частью вентилятора является рабочее колесо, срок службы которого при работе в грузовом потоке составляет 2—3 месяца.

Вентилятор Ф-3 при 1460 об/мин имеет производительность

10—13 тыс. м³ воздуха в час с напором 275 мм вод. ст. и к. п. д. 0,65. Мощность электродвигателя 16—20 квт.

Вентилятор ВДР имеет клепаное колесо с плоскими лопатками (рис. 100), отклоненными назад. Кожух вентилятора сварной. Данный вентилятор средней быстроходности (коэффициент быстроходности 29,6).

Вентилятор ВДР при скорости вращения колеса 1460 об/мин имеет производительность 12—17 тыс. м³/ч воздуха с напором 400 мм вод. ст., к. п. д. 0,6. Мощность электродвигателя 28—36 квт.

Кроме перечисленных вентиляторов находит применение вентилятор ПВ-95А с диаметром турбинки 950 мм, который при скорости вращения колеса 1460 об/мин дает производительность 15—20 тыс. м³/ч при напоре 350 мм вод. ст.; к. п. д. 0,6; мощность двигателя 20—27 квт. Техническая характеристика вентиляторов приведена в табл. 34.

Практикой работы действующих фабрик установлены следующие основные положения нормальной работы пневмотранспорта.

Максимальное количество продуктов, подлежащих извлечению и транспортированию, в каждой операции определяется по количественной схеме технологического

процесса следующей формулой:

$$Q_{\max} = kQ, \text{ м}^3/\text{ч},$$

Таблица 34

Техническая характеристика вентиляторов

Показатели	Ф-3	ВДР №9.5	ПВ-95А
Наружный диаметр колеса, мм	675	950	950
Число лопаток	20	16	6
Длина лопаток, мм	220	—	400
Ширина лопаток, мм	85	156	250
Ширина колеса, мм	320	—	—

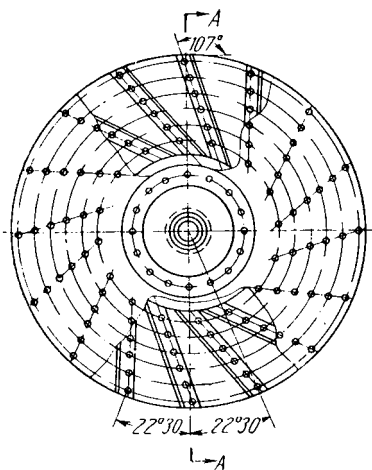


Рис. 100. Клепаное колесо вентилятора ВДР с плоскими лопатками

где K — коэффициент, учитывающий неравномерность поступления продукта, возможные колебания содержания и качества асбеста в руде и возможные перегрузки обогатительных аппаратов. Данный коэффициент принимается равным: для высокосортных руд 2,5; для рядовых руд 2,0;

Q — расчетное количество продукта, подлежащего извлечению и транспортированию, т/г.

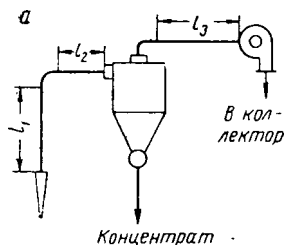


Рис. 101. Схема к расчету пневматического транспорта

Расход воздуха для перемещения продукта

$$Q_v = \frac{Q_n}{\mu \gamma}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где μ — концентрация смеси, принимается равной 0,0003 т/кг;

$$\mu = \frac{Q_n}{Q_{в\gamma}},$$

Q_n — количество продукта, т/м³;

Q_v — количество воздуха, потребное для перемещения продукта, м³/ч;

γ — объемный вес воздуха, равный 1,2 кг/м³.

Диаметры трубопроводов на отдельных участках (рис. 101) определяются по формуле расхода воздуха

$$Q_v = 3600Fv, \text{ м}^3/\text{ч},$$

откуда

$$F = \frac{Q_v}{3600v}, \text{ м}^2,$$

где F — поперечное сечение трубопровода, м²;

v — скорость воздуха в трубопроводе, м/сек.

На участке между циклоном и вентилятором диаметр трубопровода определяется с учетом подсоса воздуха в систему через различные неплотности

$$Q'_v = Q_v K,$$

где $Q'_в$ — количество воздуха в трубопроводе на участке между циклоном и вентилятором, $м^3/ч$;

K — коэффициент, учитывающий подсосы воздуха, принимается равным 1,25.

По количеству воздуха $Q_в$, проходящего через циклон, и допустимой скорости v во входном патрубке циклона определяется необходимый диаметр входного патрубка из формулы расхода воздуха.

По диаметру входного патрубка подбирается диаметр циклона (табл. 35).

Таблица 35

Техническая характеристика циклонов

Диаметр входного отверстия, мм	Диаметры, мм			Общая высота, мм	Высота конической части, мм
	циклона	выходной трубы	разгрузочного отверстия		
320	1450	725	200	2400	1600
460	1820	910	230	2870	1950
530	2150	1075	260	3300	2260
610	2440	1220	300	3810	2990
760	3050	1525	380	4775	3250

Для циклона диаметром 1,5 м диаметр входного отверстия принимается 320 мм, для циклона диаметром 2 м — 460 мм. После определения диаметров трубопроводов и подбора циклонов определяются потери давления в системе при работе на чистом воздухе.

Потери напора в трубопроводах складываются из потерь на трение и потерь в местных сопротивлениях:

$$H = \Sigma \varepsilon \frac{v^2}{2g} \gamma,$$

где ε — коэффициент местных сопротивлений.

Полное падение напора чистого воздуха в транспортной системе выражается величиной

$$H_{ч. в} = H_в + H_{ц} + \Sigma H,$$

где $H_в$ — потери напора в воздухоприемнике, принимаются 55—65 мм вод. ст.;

$H_{ц}$ — потери напора в циклоне, определяются по кривым (рис. 102);

ΣH — потери напора в трубопроводах и в местных сопротивлениях.

Потери напора смеси воздуха с продуктом определяются по формуле

$$H_c = H_{ч. в} (1 + k_p), \text{ мм вод. ст.},$$

где k — коэффициент, учитывающий увеличение загрузки для грузовых потоков, принимается равным 0,5, для перечистных — 0,35.

Потери напора в вентиляторе определяются по формуле

$$H_{\text{вент}} = H - H_{\text{к}},$$

где $H_{\text{к}}$ — потери давления в коллекторе, принимаются 25 мм вод. ст.

Потери напора в коллекторе учитываются в том случае, если установлены напородобавочные вентиляторы.

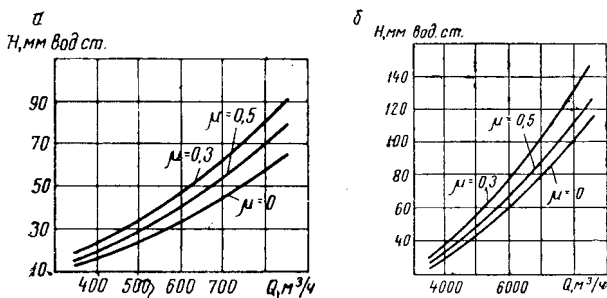


Рис. 102. Кривые сопротивления циклона
Промстройпроекта:

а — диаметром 1200 мм, б — диаметром 1500 мм

Зная количество воздуха, проходящего через вентилятор, и потери напора в сети, по графикам (рис. 103) подбирают вентилятор.

Вентилятор Ф-3 применяется при сопротивлении системы 220—270 мм вод. ст., вентилятор ВДР при 300—400 мм вод. ст.

Мощность на валу вентилятора

$$N_{\text{в}} = \frac{QH_{\text{вент}}}{102 \cdot 2}, \text{ квт},$$

Мощность двигателя $N = N_{\text{вент}} \cdot 1,15 \text{ квт}$.

Глава XVII

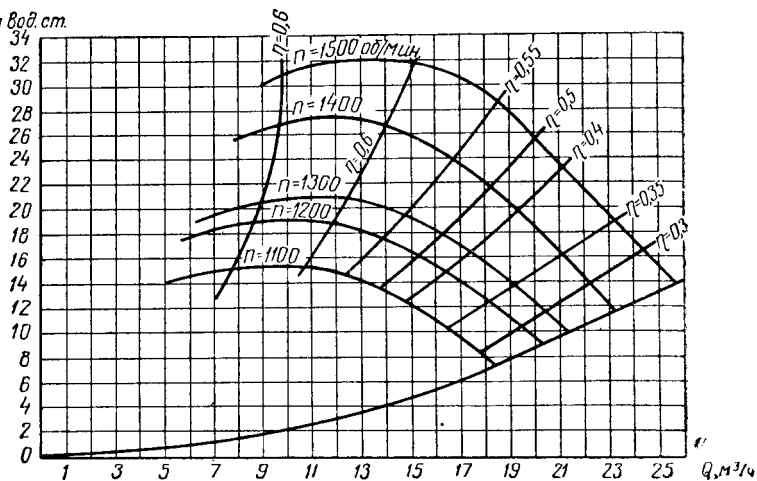
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Приемные устройства

Для приема руды на асбестообогатительных фабриках применяют опрокидные лотки или приемные воронки с питателями тяжелого типа.

Опрокидные лотки (рис. 104) представляют собой два одинаковых металлических лотка I емкостью 30—70 т каждый.

а
H, мм вод. ст.



б
H, мм вод. ст.

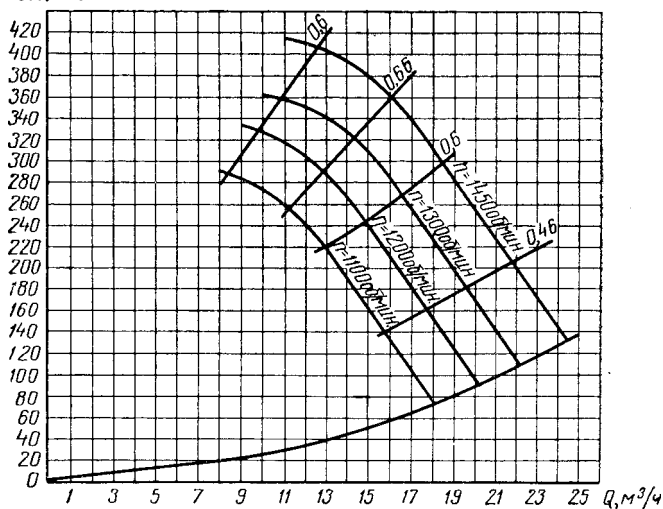


Рис. 103. Аэродинамическая характеристика вентиляторов:
а — Ф-3, б — ВДР

Лотки имеют вид желобов с тремя боковыми стенками высотой 1 м, которые разгружаются на один колосниковый питатель, установленный между ними и под прямым углом к ним.

Передний конец *a* каждого лотка шарнирно закреплен на опоре и не имеет боковой стенки, а задний конец *б* имеет стенку и укреплен шарнирно на подъемной штанге с полиспастной системой, соединенной с подъемной лебедкой.

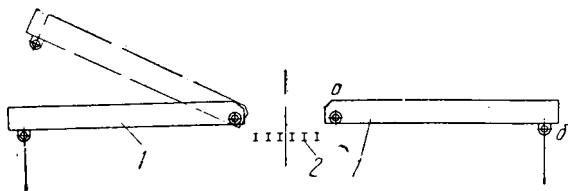


Рис. 104. Приемные опрокидываемые лотки:
1 — приемные лотки, 2 — колосниковый подвижный питатель

При периодическом подъеме штанги с помощью подъемной лебедки задний конец лотка поднимается на высоту до 6 м, создавая угол наклона до 45° , и руда постепенно ссыпается с разгрузочной части лотка на подвижный колосниковый питатель 2.

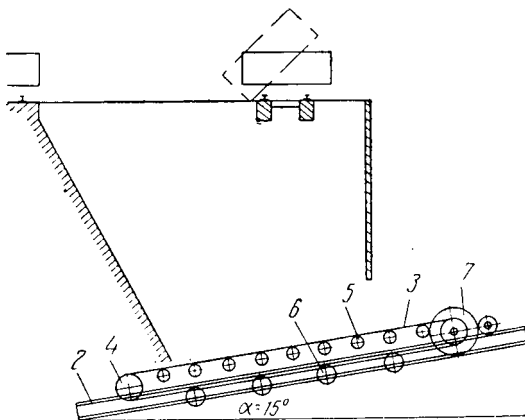


Рис. 105. Рудоприемная воронка с питателем тяжелого типа:

1 — приемный бункер, 2 — рама питателя, 3 — лента питателя, 4 — натяжное устройство, 5 — верхние ролики, 6 — нижние ролики, 7 — звездочка

Рудоприемная воронка с пластинчатым питателем тяжелого типа (рис. 105) представляет собой железобетонную воронку емкостью 400—500 т, имеющую форму усеченной опрокинутой пирамиды. Боковые плоскости ее футерованы рельсами тяжелого типа или стальными плитами толщиной 30—40 мм. Днищем воронки

служит питатель, устанавливаемый в зависимости от местных условий под углом 10—15°. Скорость движения питателя 30—40 мм/сек. Мощность двигателя 40—60 квт.

На питателе всегда должен быть слой руды не менее 300—400 мм, который предохраняет звенья питателя от ударов падающих кусков руды при разгрузке вагонов. Железнодорожный путь прокладывается по внешнему краю воронки и над воронкой, для чего через последнюю сооружают мост из мегаллических или железобетонных балок.

Целесообразность выбора того или иного вида приемных устройств обуславливается в каждом отдельном случае компоновочными соображениями.

Упаковочные машины

В асбестовой промышленности для упаковки асбеста применяют передвижные и стационарные упаковочные машины.

Передвижная упаковочная машина УП-3/330 (рис. 106) представляет собой самоходную тележку 1, на которой смонтирован элеватор 2, заключенный в кожух 3. Вал нижнего барабана элеватора удлинен, и на нем закреплены лопасти захватывающего шнека.

В верхней части машины расположен лопастный питатель 4, вращающийся от барабана элеватора.

Асбест из штабеля захватывается шнеком 15, заполняет ковши элеватора 2 и поднимается вверх, где ссыпается в питатель. Лопасти питателя подают асбест в цилиндр 5, в котором находится шнек 6 с переменным шагом винта. При вращении последнего асбест набивается в мешок, подвешиваемый к цилиндру 7.

Шнек вращается с помощью клиновидных ремней от электродвигателя 8. Элеватор приводится в движение от электродвигателя 9 с редуктором 10. Кольцо, к которому подвешивается мешок, свободно надето на цилиндр и удерживается в верхнем положении контргрузом 11 на канатике 12. Изменяя вес груза, достигают необходимой степени уплотнения асбеста в мешке.

Работа машины происходит следующим образом: пустой мешок подвешивается к кольцу и весом груза поднимается в крайнее верхнее положение. По мере заполнения мешка асбестом и уплотнения его силой вращения шнека мешок опускается вниз и при полном наполнении его принимает положение, указанное на рисунке пунктиром. После этого мешок отцепляется, к кольцу подвешивается следующий мешок и цикл повторяется. По мере убывания асбеста из штабеля машина передвигается, для чего одна пара ее колес приводится в движение от отдельного электродвигателя 13 через редуктор 14 и цепную передачу.

Характеристика машины: производительность до 35 т/ч, скорость вращения шнека 240 об/мин, мощность электродвигателей по 3 квт каждый, время наполнения мешка 10—15 сек.

На рис. 107 приведена схема стационарной упаковочной машины, смонтированной в комплексе с приспособлениями для взвешивания и механизированной зашивки мешков.

Асбест подается к упаковочной машине конвейером 1. Поднятый вертикальным элеватором 2 асбест подается по желобу 3 в

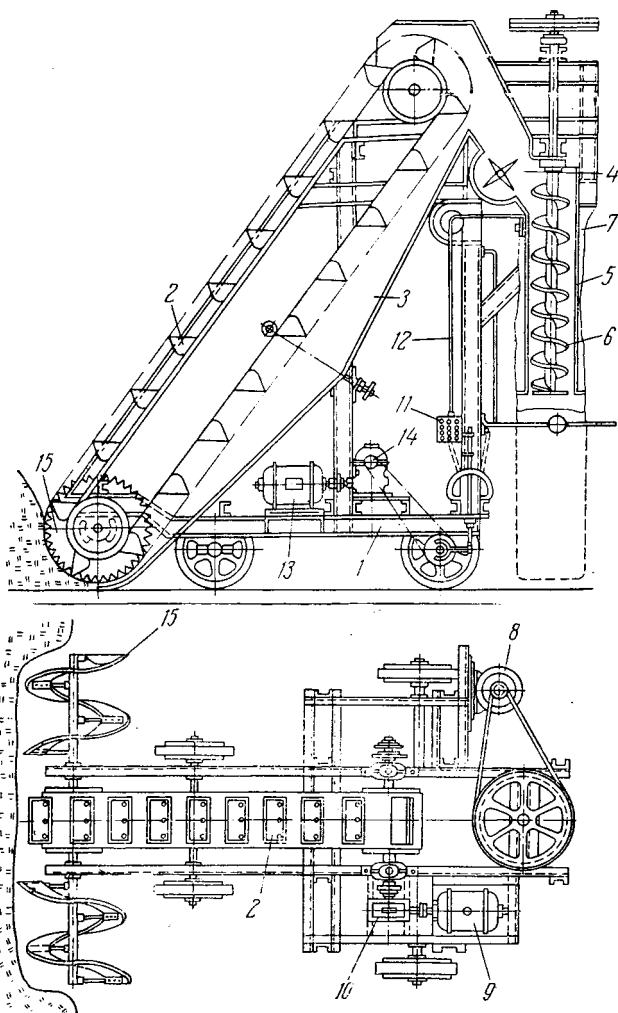


Рис. 106. Передвижная упаковочная машина УП-3/330

упаковочный цилиндр 4, в котором смонтирован вертикальный шнек 5.

На нижней части цилиндра специальным кольцом 7 закрепляется мешок 6. После заполнения мешка он отстегивается и опу-

скается на весы 8. Затем взвешенный мешок подается к зашивочной машине 10 ленточным конвейером 9 и после зашивки систе-

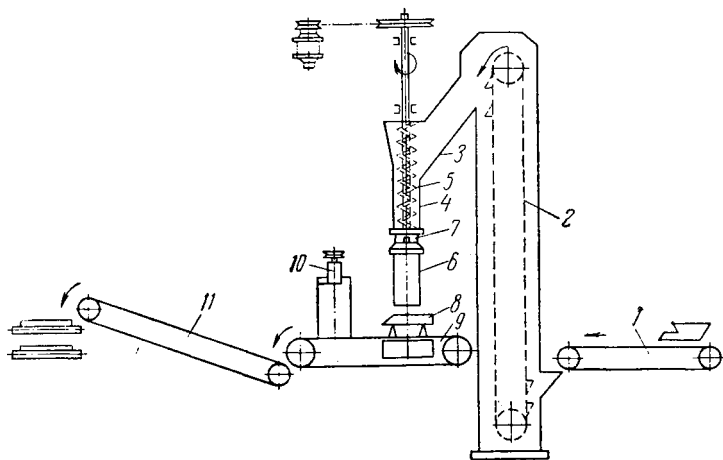


Рис. 107. Стационарная упаковочная машина в комплексе с приспособлениями для взвешивания и зашивки мешков

мой ленточных конвейеров 11 направляется на склад или непосредственно в железнодорожные вагоны.

Глава XVIII

ВЫБОР И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ АСБЕСТООБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Для обогащения асбестовых руд применяют различные технологические схемы. Выбор технологической схемы зависит от ряда факторов, и в частности от обогатимости руды, качества и количества в ней асбеста, типа асбестоносности и требований потребителей к качеству готовой продукции.

Требования, предъявляемые к схемам обогащения асбестовых руд, заключаются в необходимости сохранения природной длины и текстуры волокна, в максимальном извлечении волокна из руды при хорошей очистке его от посторонних примесей, рациональной классификации на товарные сорта.

Выбор и расчет технологических схем производится на основании исследовательских работ и практики работы действующих фабрик, перерабатывающих аналогичные руды.

Перед составлением технологической схемы производится лабораторное, а затем промышленное испытание руды, на переработку которой рассчитывается фабрика.

Во время лабораторных испытаний перерабатывают 3—5 т руды, определяют физико-химический состав и физические свойства

асбеста, а также ситовый состав волокна по контрольному аппарату и содержание геологических сортов.

При промышленном испытании перерабатывают 100—200 т руды, определяют ее дробимость и интенсивность освобождения волокна в отдельных аппаратах, величину коэффициента условного прироста, содержание волокна по операциям, а также проверяют пригодность сортового асбеста для потребляющей промышленности.

На основании полученных результатов исследований, с учетом заданной производительности фабрики, разрабатываются исходные данные для расчета технологической схемы.

Расчет технологических схем ведется по всем потокам с учетом волокна крупностью до 0,5 мм. При расчетах показателей учитываются также коэффициенты вскрытия и условного прироста содержания волокна в продукте.

Условный прирост общего содержания асбеста при дроблении относится ко всему поступающему в аппарат волокну (скрытому и свободному).

Условный прирост общего количества волокна при расчете по отдельным операциям принимается в зависимости от качества руды и типа аппарата (табл. 36, 37).

Таблица 36

Коэффициенты вскрытия и условного прироста содержания асбеста по аппаратам для руды хризотил-асбеста

Аппарат	Коэффициент вскрытия, %	Коэффициент условного прироста, %
Конусная дробилка с нормальным конусом	3—5	1,0—1,5
Короткоконусная дробилка	5—15	5—10
Валковая дробилка	8—10	—
Молотковая дробилка	15—20	8—10
Дезинтегратор	30—40	15—30
Кулачковая дробилка	45—60	45—55
Стержневая мельница	15—60	15—60
Горизонтальный распушитель	20—60	20—50
Двухроторная ударно-отражательная дробилка	20—40	15—30
Вертикальный кулачковый распушитель	12—70	12—55

При расчете технологической схемы содержание волокна во всех продуктах предусматривается в соответствии с методикой его определения по так называемой горной пробе, т. е. до длины волокна 0,5 мм, а содержание волокна в готовой продукции предусматривается в соответствии с ГОСТ 7—60, т. е. крупности 0,25 мм. Поэтому в точках получения готовой продукции производится пересчет с содержания до 0,5 мм на содержание асбеста до 0,25 мм с помощью переводных коэффициентов, указанных в табл. 38.

Коэффициенты вскрытия и условного прироста по аппаратам для руды антофиллит-асбеста

Аппарат	Коэффициент вскрытия, %	Коэффициент условного прироста, %
Конусная дробилка	8—10	—
Валковая дробилка	4—5	—
Молотковая дробилка	15—18	5—8
Дезинтегратор	20—25	8—10
Кулачковая дробилка	40—50	15—20

Таблица 38

Переводные коэффициенты расчета содержания асбеста, определенного при крупности от 0,5 до 0,25 мм в товарных сортах

Сорт	I	II	III	IV	V	VI
Хризотил-асбест						
Коэффициент	1,00	1,01	1,02	1,03	1,03	1,06
Антофиллит-асбест						
Коэффициент	0,0	2,0	2,0	4,0	6,0	6,0

Расчет схемы ведется с точностью до сотых знаков.

Потребное количество сухой руды при заданных технологических показателях определяется по формуле

$$T_{\text{сух}} = \frac{Q(100 - П) 100}{\alpha_{\text{л}} k_{\text{р}} \varepsilon},$$

где Q — количество асбестового волокна, т;

$П$ — средняя запыленность товарного асбеста, %;

$\alpha_{\text{л}}$ — лабораторное содержание асбеста в руде, %;

$k_{\text{р}}$ — расчетный коэффициент на лабораторное содержание асбеста в руде (отношение лабораторного содержания асбеста к расчетному);

ε — извлечение асбеста, %.

Так как полученное расчетом количество руды представляет собой сухую руду (с содержанием влаги не более 2%), то потребное количество сырой руды определится по формуле

$$T_{\text{сыр}} = \frac{T 100}{100 - W},$$

где $T_{\text{сыр}}$ — количество сырой руды, т;
 W — испаренная влага, %.

Подставляя в формулу значение $T_{\text{сух}}$, получаем общую формулу определения потребного количества сырой руды

$$T_{\text{сыр}} = \frac{Q(100 - П) 100^2}{\alpha_{\text{л}} k_{\text{р}} \varepsilon (100 - W)}$$

Пример расчета: задано

$Q = 2000 \text{ т}$; $П = 12\%$; $\alpha_{\text{л}} = 3\%$; $\varepsilon = 85\%$; $k_{\text{р}} = 1,4$; $W = 3\%$.

$$\frac{2000(100 - 12) 100^2}{3 \cdot 1,4 \cdot 85(100 - 3)} = 50\,824 \text{ т.}$$

Ожидаемый выход товарных сортов хризотил-асбеста по данным анализа руды в геологических сортах можно определить по переводным коэффициентам ВИМСа*. Эти коэффициенты являются переводными от геологических сортов к товарным, и хотя они зависят от ряда факторов, связанных с качеством руды и технологией обогащения, они могут быть с большей или меньшей точностью, достаточной для расчета, использованы при проектировании. В табл. 39 приведены данные примерного расчета по геологическим сортам.

Таблица 39

Определение ориентировочного выхода товарных сортов по известному выходу геологических сортов

Геологические сорта	Геологические сорта в исходной руде по анализу, т	Переводный коэффициент ВИМСа	Ожидаемый выход товарных сортов (2х3), т
AK+I	4,5	2,5	11,25
II	13,0	3,0	39,0
III	83,0	3,0	264,0
I+II+III	105,0	2,98	313,0
IV	404,0	1,24	501,0
I+II+III+IV	509,0	1,6	814,0
V+VI	3878,0	1,147	4451,0
I+II+III+IV+V+VI	4387,0	1,2	5265,0

* Всесоюзный институт минерального сырья.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ РЯДОВЫХ РУД ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

§ 12. ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС

Построение технологической схемы ДСК производится в зависимости от количества и качества перерабатываемой руды.

Основным показателем, характеризующим технологическую схему ДСК, является количество стадий дробления и грохочения, которое определяется заданной начальной и конечной крупностью продукта.

Дробление в ДСК обычно осуществляется в три и более стадий.

Размер отверстий сит грохотов должен быть равен примерно двум третям разгрузочной щели той дробилки, в которую должен поступать продукт.

На фабриках с большой производительностью (900—1000 т/ч) в первой стадии дробления целесообразно устанавливать конусные дробилки с верхним подвесом вала. Эти дробилки в зависимости от их размера принимают руду крупностью до 1000—1200 мм, работают под завалом и отличаются высокой производительностью.

Для фабрик со средней производительностью (300—600 т/ч) более рационально в первой стадии устанавливать щековые дробилки с размером приемного отверстия 1200×1500 или 1500××2100 мм.

Введение вспомогательного грохочения перед первой стадией дробления дает возможность выделить 20—30% продукта крупностью менее 150 мм при концентрации в нем всего свободного волокна.

Для отделения мелочи может быть установлен стационарный колосниковый грохот с веерообразным расположением колосников, опирающихся нижним концом на корпус дробилки или роликовый грохот.

Во второй и третьей стадиях дробления обычно устанавливают конусные дробилки.

Перед второй и третьей стадиями дробления, а также после третьей стадии устанавливаются вибрационные грохоты. Выбор того или иного грохота зависит от требуемой производительности.

Мелкая руда, выделяемая перед каждой стадией дробления, должна сразу выводиться из процесса, а не объединяться с продуктом дробления для вторичного грохочения, так как при объединении этих продуктов к. п. д. грохота снижается на 25—30%. В ДСК на сушку следует направлять только мелочь, полученную до первой и после первой и второй стадий дробления.

Продукт после третьей стадии дробления обычно содержит влаги 1,5—2% и не требует сушки.

При двух стадиях дробления в конечном продукте ДСК выход кусков руды крупностью +75 мм составляет 15—20%, при трех стадиях выход кусков крупностью +50 мм может достигать 5%.

Содержание свободно-го волокна в продукте после ДСК составляет 1,5—2%, что обуславливает целесообразность его извлечения до сушки и складирования.

Однако извлечение концентрата из продукта до сушки затруднительно ввиду того, что влажность продукта, особенно класса —30 мм, может достигать 7—8%.

Для извлечения концентрата в ДСК могут применяться воздушно-проходные или пневматические сепараторы разных конструкций в зависимости от конкретных условий.

После разработки схемы ДСК производится ее расчет.

На рис. 108 приведена качественно-количественная схема ДСК, а в табл. 40 дан ее расчет на основании следующих данных: в ДСК поступает 300 т/ч руды с лабораторным содержанием асбеста 6%. На колосниковом питателе со щелевидными отверстиями размером 10 мм руда подвергается грохочению.

Выход продуктов обогащения определяется по ситовому составу исходной руды.

По характеристике крупности (рис. 109) выход класса —10 мм в исходной руде составляет 8,3%. Принимая к. п. д. грохочения равным 0,35, опре-

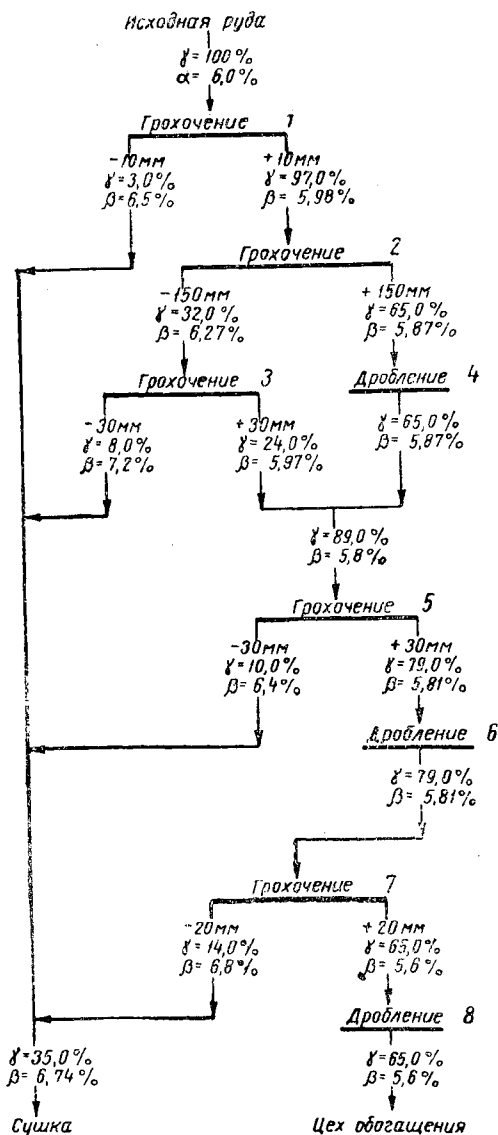


Рис. 108. Качественно-количественная схема ДСК

Расчет качественно-количественной схемы ДСК

Поступление				Выход					
Продукт	Выход		Содержание асбеста		Крупность, мм	Выход		Содержание асбеста	
	0/0	т/ч	0/0	т/ч		0/0	т/ч	0/0	т/ч
Грохочение 1									
Исходный продукт	100	300	6,0	18,0	Класс +10	97	291	5,98	17,42
					" -10-0	3	9	6,5	0,58
Итого	100	300	6,0	18,0	Итого	100	300	6,0	18,0
Грохочение 2									
Класс +10 мм	97	291	5,98	17,42	Класс +150	65	195	5,87	11,4
					" -150	32	96	6,27	6,02
Итого	97	291	5,98	17,42	Итого	97	291	5,98	17,42
Грохочение 3									
Класс -150 мм	32	96	6,27	6,02	Класс +30	24	72	5,97	4,3
					" -30	8	24	7,2	1,72
Итого	32	96	6,27	6,02	Итого	32	96	6,27	6,02
Дробление 4									
Класс +150 мм	65	195	5,87	11,4	Дробленый продукт	65	195	5,87	11,4
Итого	65	195	5,87	11,4	Итого	65	195	5,87	11,4
Грохочение 5									
Класс +150 мм	65	195	5,87	11,4	Класс +30	79	237	5,81	13,73
" +30 мм	24	72	5,97	4,3	" -30	10	30	6,4	1,92
Итого	89	267	5,88	15,7	Итого	89	267	5,88	15,7
Дробление 6									
Класс +30 мм	79	237	5,81	13,78	Дробленый продукт	79	237	5,81	13,78
Итого	79	237	5,81	13,78	Итого	79	237	5,81	13,78
Грохочение 7									
Дробленый продукт	79	237	5,81	13,78	Класс +20	65	195	5,6	10,92
					" -20	14	42	6,8	2,86
Итого	79	237	5,81	13,78	Итого	79	237	5,81	13,78
Дробление 8									
Класс +20 мм	65	195	5,6	10,92	Дробленый продукт	65	195	5,6	10,92
Итого	65	195	5,6	10,92	Итого	65	195	5,6	10,92
Баланс по схеме									
Исходный продукт	100	300	6,0	18,0	В сушку	35	105	6,74	7,08
					В обогащение	65	195	5,6	10,92
Итого	100	300	6,0	18,0	Итого	100	300	6,0	18,0

деляем выход этого класса в просев $8,3 \cdot 0,35 = 3\%$, тогда выход верхнего класса составит 97% .

Принимая по результатам упомянутых выше исследований руды содержание асбеста в классе -10 мм равным $6,5\%$, содержание асбеста в классе $+10$ мм определяется по следующей формуле:

$$\beta_2 = \frac{100\alpha_n - \gamma_1\beta_1}{\gamma_2} = \frac{100 \cdot 6 - 3 \cdot 6,5}{97} = 5,98\%.$$

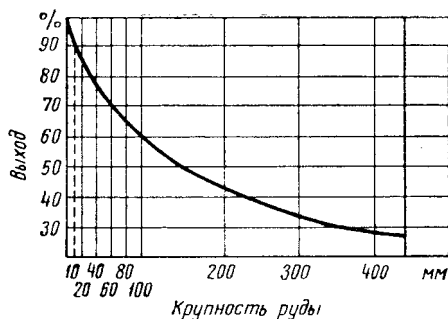


Рис. 109. Кривая, характеризующая крупность исходной руды

§ 13. Сушка руды

В сушку обычно поступает продукт крупностью 30 мм в количестве $30-40\%$ общего объема, поступившего в ДСК, при содержании в нем влаги $4-5$ и более процентов.

Для сушки руды применяют сушильные барабаны или шахтные печи. Выбор того или иного оборудования зависит от заданной производительности и качества исходной руды.

Сушильные барабаны вскрывают, и до известной степени производят подпушку волокна.

Исследованиями установлено, что при сушке в барабане руды, одинаковой по содержанию свободного волокна и остатку волокна на II сите контрольного аппарата, наблюдается следующее: в продукте после сушки содержание свободного волокна увеличивается на $8-10\%$ при уменьшении остатка волокна на II сите на $15-20\%$.

В продукте после сушки в шахтной печи содержание свободного волокна увеличивается на $2-3\%$ при уменьшении остатка волокна на II сите на $5-8\%$.

Вместе с отработанным воздухом в циклоны выносятся $4-6\%$ исходного продукта, поступающего в сушку, при содержании в нем до $8-10\%$ волокна, $3-5\%$ гали и до 85% пыли.

Выносимое волокно имеет жесткую текстуру и обычно содержит до $5-7\%$ волокна на II сите контрольного аппарата.

Объединение этого, чрезвычайно запыленного, продукта вместе с просушенной рудой недопустимо, так как это приводит к потере ценного волокна (в складе оно распухнет и потеряет ценность) и ненужному запылению сухой руды.

Обеспыливание продукта выноса из сушильных печей целесообразно производить сразу по его получению в отсевах или сортовках с выделением пыли в отвал. Учитывая эффективность отсевов для обеспыливания продукта, лучше предусматривать последовательную установку двух отсевов.

Извлеченные в ДСК концентраты также необходимо здесь же обеспыливать и затем обрабатывать в отделении перемешки цеха обогащения.

Если до сушки не производилось извлечение концентратов, то оно должно обязательно предусматриваться после сушки.

Извлечение концентратов из горячей руды затруднительно, особенно если обогатительное оборудование устанавливается в неотапливаемом помещении, вследствие возможной конденсации в зимнее время пара, выделяющегося из горячей руды.

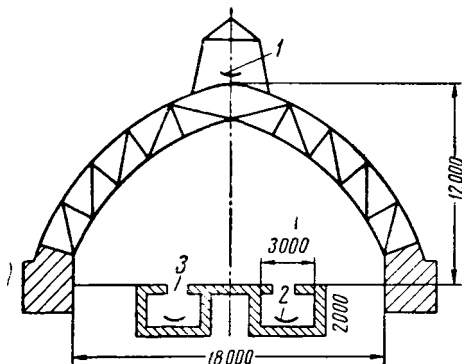


Рис. 110. Склад сухой руды (поперечный разрез)

Выход концентрата из сухой руды составляет 5—7% при содержании в нем асбеста 15—17%.

Этот концентрат рационально обрабатывать вместе с концентратом первой или второй стадий обогащения.

Руда после сушки имеет температуру до 70° и перед обогащением должна быть выдержана в складе сухой руды.

Для этой цели используются склады различных типов.

В поперечном разрезе склад с загрузкой и разгрузкой ленточными конвейерами (рис. 110) представляет собой шатер с параболическим или двухскатным плоским покрытием, опирающимся на бетонные фундаменты.

Загружаемый продукт поступает с ленточного конвейера 1, установленного в галерее над складом, и разгружается через люки 3 в тоннелях 2.

Наиболее совершенными по использованию полезной емкости являются склады шатровой конструкции без углубления, с тремя разгрузочными тоннелями.

Угол естественного откоса руды (воронки) при свободном высыпании ее из склада через люки составляет 60—70°.

Этими величинами следует руководствоваться при расчете

Расчет качественно-количественной схемы сушильного отделения

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание влаги	
	0/0	т/ч	%	т/ч	0/0	т/ч
Классификация 1						
Поступает	100,0	120,0	4,5	5,4	4,0	4,8
Выходит:						
класс +30 мм	60,0	72,0	4,2	3,0	1,98	1,4
класс --30+0 мм	40,0	48,0	5,1	2,4	7,0	3,4
Итого	100,0	120,0	4,5	5,4	4,0	4,8
Сушка 2						
Поступает	40,0	48,0	5,1	2,4	7,0	3,4
Выходит:						
сухая руда	33,0	39,6	4,8	1,8	1,8	0,7
вынос в циклон	4,8	5,8	10,0	0,6	1,6	0,1
влага	2,2	2,6	0,0	0,0	100,0	2,6
Итого	40,0	48,0	5,1	2,4	7,0	3,4
Обогащение 3						
Поступает	33,0	39,6	4,8	1,8	1,8	0,7
Выходит:						
концентрат	2,5	3,0	20,0	0,6	1,69	0,05
руда	30,5	36,6	3,3	1,2	1,77	0,65
Итого	33,0	39,6	4,8	1,8	1,8	0,7
Обеспыливание 4						
Поступает	4,8	5,8	10,0	0,6	1,6	0,1
Выходит:						
концентрат	1,3	1,6	30,0	0,5	1,6	0,01
хвосты	3,5	4,2	2,4	0,1	1,6	0,09
Итого	4,8	5,8	10,0	0,6	1,6	0,1
Обеспыливание 5						
Поступает	1,3	1,6	30,0	0,5	1,6	0,01
Выходит:						
концентрат	0,4	0,5	90,0	0,45	1,6	—
хвосты	0,9	1,1	4,5	0,05	1,6	—
Итого	1,3	1,6	30,0	0,5	1,6	0,01
Итоговый баланс по схеме						
Поступает	100,0	120,0	4,5	5,4	4,0	4,8
Выходит:						
сухая руда (опер. 1+3)	90,5	108,6	4,55	4,2	1,8	2,05
концентрат (опер. 3+5)	2,9	3,5	30,0	1,05	1,7	0,06
хвосты (опер. 4+5)	4,4	5,3	2,8	0,15	1,7	0,09
влага	2,2	2,6	0,0	0,0	100,0	2,6
Итого	100,0	120,0	4,5	5,4	4,0	4,8

полезной емкости складов. Емкость склада принимается из расчета семи-десятидневного запаса руды для цеха обогащения.

Расчет качественно-количественной схемы отделения сушки

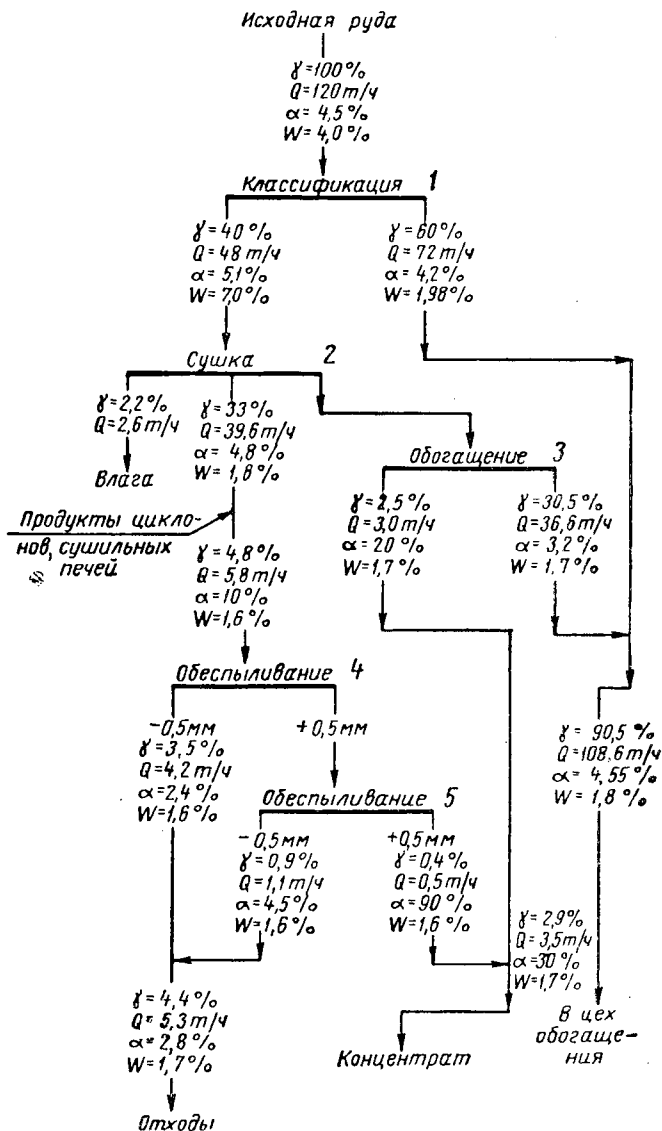


Рис. 111. Качественно-количественная схема отделения сушки руды

производится как по содержанию асбеста в продуктах, так и по содержанию в них влаги.

На рис. 111 приведена качественно-количественная схема отделения сушки, а в табл. 41 приведен ее расчет.

§ 14. ЦЕХ ОБОГАЩЕНИЯ

Цех обогащения обычно имеет несколько секций, что создает удобство в организации ремонтов. Целесообразно не связывать секции общими агрегатами, начиная от питания рудой до транспорта отходов.

При выборе дробильных аппаратов для отдельных стадий дробления учитывается следующее: в первой стадии дробления могут применяться конусные дробилки (с нормальным конусом и короткоконусные), а также дробильные валки. Короткоконусные дробилки выпускают более равномерный продукт и лучше вскрывают во-

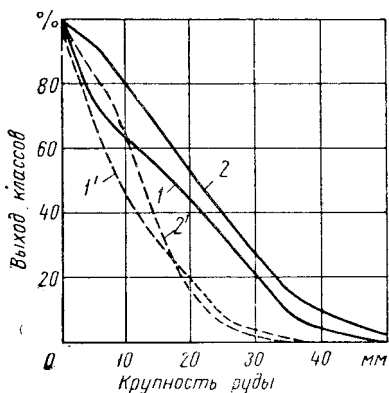


Рис. 112. Характеристика продукта по крупности:

1—1' — до и после дробления в короткоконусной дробилке, 2—2' — в валковой дробилке

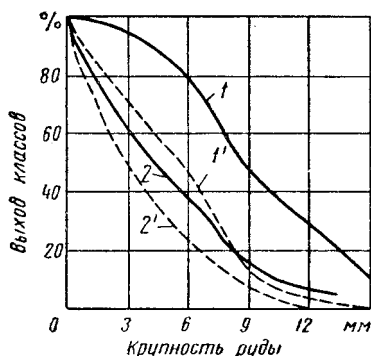


Рис. 113. Характеристика продукта по крупности:

1—1' — до и после дробления в молотковой дробилке, 2—2' — в дезинтеграторе.

локно, чем дробилки с нормальным конусом. Дробильные валки хорошо сохраняют текстуру волокна, но недостаточно эффективно дробят руду и волокно не подпушивается.

На рис. 112 приведена характеристика продуктов до и после дробления в короткоконусной и валковой дробилке, свидетельствующая о преимуществе короткоконусной дробилки.

Ценное свойство дробильных валков сохранять текстуру волокна, имеющее решающее значение при обогащении высокосортных руд, при обработке рядовых руд такого значения не имеет. Поэтому в первой и второй стадиях дробления при обогащении рядовых руд целесообразно применять короткоконусные дробилки. Во второй стадии дробления наиболее эффективными следует считать ударно-отражательные дробилки. В третьей стадии дробления обычно устанавливаются дезинтеграторы, молотковые и

кулачковые дробилки. Дезинтеграторы и кулачковые дробилки хорошо вскрывают волокно, не нарушают его текстуру, однако дезинтеграторы распушают волокно меньше. Лучшее вскрытие волокна обеспечивается в кулачковой дробилке.

Износ рабочих частей у кулачковых дробилок и у дезинтеграторов весьма значителен, но смена их у кулачковых дробилок проще.

Молотковые дробилки хорошо подготавливают к отсасыванию волокно, вскрытое в валковых и конусных дробилках, и не портят его текстуру.

На рис. 113 приведена характеристика крупности продукта до и после дробления в молотковой дробилке и дезинтеграторе.

В третьей стадии при крупности исходного продукта 15—20 мм более рационально устанавливать молотковую дробилку, тогда в четвертой стадии может устанавливаться дезинтегратор или кулачковая дробилка.

В пятой и шестой стадиях устанавливаются кулачковые дробилки или стержневые мельницы, так как здесь вскрывается самое короткое волокно.

Извлечение черновых концентратов предусматривается до первой и после всех остальных стадий дробления.

Для извлечения концентрата устанавливаются грохоты с отсасыванием, пневмосепараторы и центробежные воздушные сепараторы со следующими средними технологическими показателями работы (табл. 42).

Таблица 42
Технологические показатели работы обогатительных аппаратов

Аппарат	Производительность, т/ч	Извлечение, %	Выход концентрата, %	Содержание свободного волокна в концентрате, %	Содержание галли в концентрате, %	Расход электроэнергии на 1 т, кВт·ч	Расход воздуха на 1 т/кг
Центробежный воздушный сепаратор Механобра $D=2,8$ м	50—70	85—90	10—12	20—30	15—30	0,4—0,75	—
Грохот с отсасыванием (I дека)	25—30	85—95	15—18	15—25	35—50	1,0	300—400
Пневмосепаратор	30—40	75—85	12—14	12—15	40—55	0,9	250
Сепаратор Фетисова	50—80	85—90	15—18	15—20	60—65	0,23	—

При извлечении концентрата отсасыванием с грохотов перед ними необходимо устанавливать вибрационные грохоты для отделения продукта, не содержащего свободного волокна, выход которого составляет 25—30% исходного на грохот.

В первой стадии обогащения целесообразно осуществлять грохочение продукта с разделением на три класса, из которых

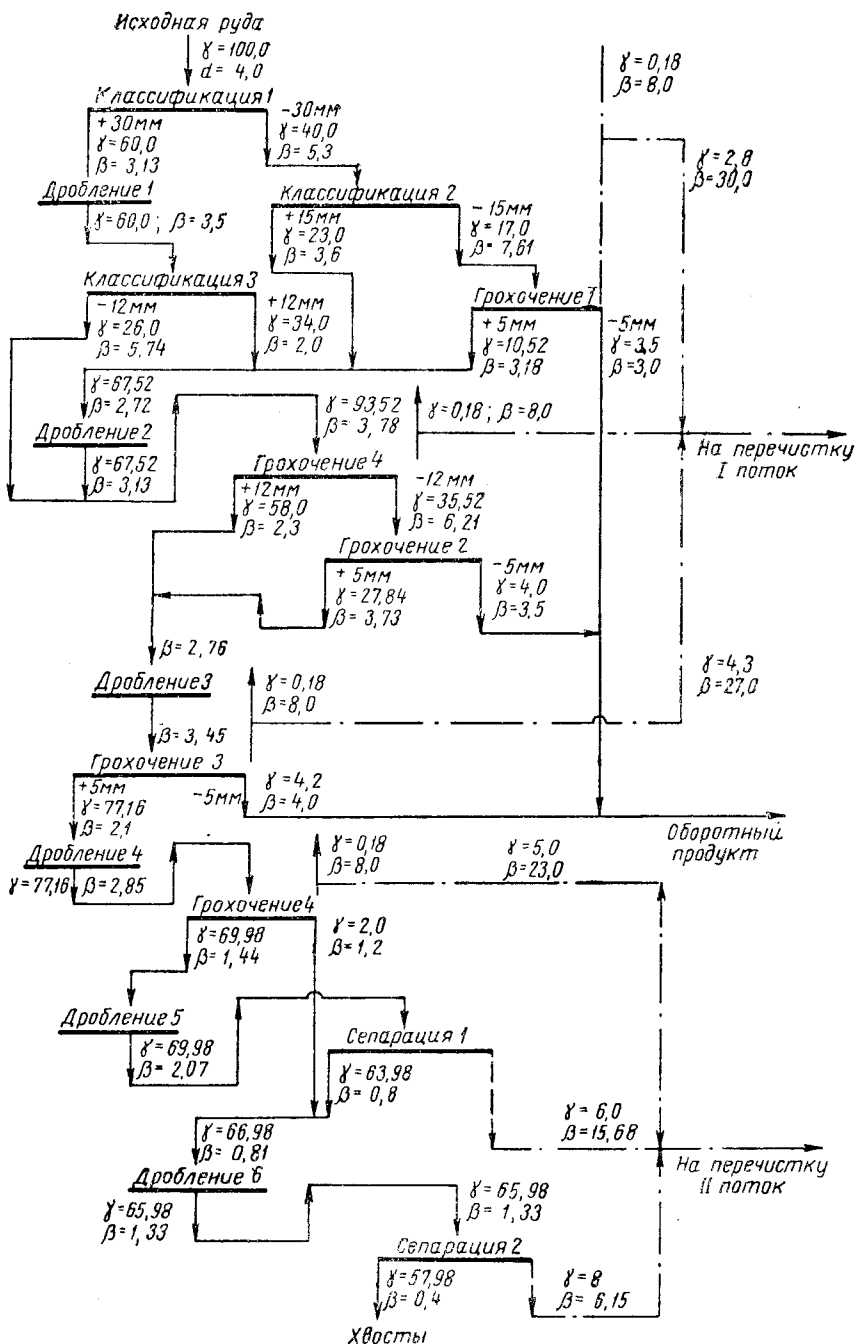


Рис. 114. Качественно-количественная схема цеха мелкого дробления и обогащения

Расчет качественно-количественной схемы цеха обогащения

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание свободного волокна		Коэффициент, %		Извлечен, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч	при-роста	вскры-тия	

Классификация 1

Поступает:									
Исходный продукт . .	100,00	300,00	4,00	12,00	1,00	3,00	—	—	100,00
Итого	100,00	300,00	4,00	12,00	1,00	3,00	—	—	100,00
Выходит:									
класс +30 мм (сход)	60,00	180,00	3,13	5,64	0,10	0,18	—	—	46,95
класс —30+0 мм (просев)	40,00	120,00	5,30	6,36	2,35	2,82	—	—	53,05
Итого	100,00	300,00	4,00	12,00	1,00	3,00	—	—	100,00

Дробление 1

Поступает:									
класс +30 мм (сход) .	60,00	180,00	3,13	5,64	0,10	0,18	—	—	46,95
Итого	60,00	180,00	3,13	5,64	0,10	0,18	—	—	46,95
Выходит:									
дробленый продукт .	60,00	180,00	3,50	6,31	1,02	1,84	12	18	52,50
Итого	60,00	180,00	3,50	6,31	1,02	1,84	12	18	52,50

Классификация 2

Поступает:									
класс 30—0 мм (просев)	40,00	120,00	5,30	6,36	2,35	2,82	—	—	53,05
Итого	40,00	120,00	5,30	6,36	2,35	2,82	—	—	53,05
Выходит:									
класс +15 мм (сход) .	23,00	69,00	3,60	2,48	0,20	0,14	—	—	20,70
класс —15—0 мм (просев)	17,00	51,00	7,61	3,88	5,25	2,68	—	—	32,35
Итого	40,00	120,00	5,30	6,36	2,35	2,82	—	—	53,05

Грохочение и отсасывание 1

Поступает:									
класс —15+0 мм (просев)	17,00	51,00	7,61	3,88	5,25	2,68	—	—	32,35
Итого	17,00	51,00	7,61	3,88	5,25	2,68	—	—	32,35
Выходит:									
класс +5 мм (сход) .	10,52	31,56	3,18	1,01	0,10	0,03	—	—	8,36
класс 5—0 мм (просев)	3,50	10,50	3,00	0,31	1,23	0,11	—	—	2,63
пыль в пылевую камеру	0,18	0,54	8,00	0,04	8,00	0,04	—	—	0,36
черновой концентрат .	2,80	8,40	30,00	2,52	23,50	2,50	—	—	21,00
Итого	17,00	51,00	7,61	3,88	5,25	2,68	—	—	32,35

Наименование продукта	Выход		Содержание абсбста		Содержание свободного волокна		Кoeffициент, %		Извлеченне, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч	прироста	вскрытия	

Классификация 3

Поступает:									
дробленый продукт . . .	60,00	180,00	3,50	6,31	1,02	1,83	—	—	52,58
Итого . . .	60,00	180,00	3,50	6,31	1,02	1,83	—	—	52,58
Выходит:									
класс +12 мм (сход) . . .	34,00	102,00	2,00	2,04	0,10	0,10	—	—	17,00
класс —12+0 мм (просев)	26,00	78,00	5,44	4,27	2,01	1,57	—	—	35,58
Итого . . .	60,00	180,00	3,50	6,31	1,02	1,83	—	—	52,58

Дробление 2

Поступает:									
класс +15 мм (сход) . . .	23,00	69,00	3,60	2,48	0,20	0,14	—	—	20,70
класс +5 мм (сход) . . .	10,52	31,56	3,18	1,01	0,10	0,03	—	—	8,36
класс +12 мм (сход) . . .	34,00	102,00	2,00	2,04	0,10	0,10	—	—	17,00
Итого . . .	67,52	202,56	2,72	5,53	0,13	0,27	—	—	46,06
Выходит:									
дробленый продукт . . .	67,52	202,56	3,13	6,36	1,06	2,15	15	20	52,83
Итого . . .	67,52	202,56	3,13	6,36	1,06	2,15	15	20	52,83

Классификация 4

Поступает:									
класс —12+0 мм (просев)	26,00	78,00	5,46	4,27	2,23	1,74	—	—	35,50
дробленый продукт . . .	67,52	202,56	3,13	6,36	1,06	2,15	—	—	52,83
Итого . . .	93,52	280,56	3,78	10,63	1,32	3,89	—	—	88,33
Выходит:									
класс +12 мм (сход) . . .	58,00	174,00	2,30	4,00	0,10	0,17	—	—	33,35
класс —12+0 мм (просев)	35,52	106,56	6,21	6,63	3,48	3,72	—	—	55,20
Итого . . .	93,52	280,56	3,78	10,63	1,31	3,89	—	—	88,55

Грохочение с отсасыванием 2

Поступает:									
класс —12+0 мм (просев)	35,52	106,56	6,21	6,63	3,48	3,72	—	—	55,20
Итого . . .	35,52	106,56	6,21	6,63	3,48	3,72	—	—	55,20
Выходит:									
класс +5 мм (сход) . . .	27,84	83,52	3,73	3,13	0,15	0,12	—	—	25,97
класс —5+0 мм (просев)	4,00	12,00	3,50	0,42	4,41	0,53	—	—	3,50
пыль в пылевую камеру	0,18	0,54	8,00	0,04	8,00	0,04	—	—	0,36
черновой концентрат . . .	3,50	10,50	29,00	3,04	28,88	3,03	—	—	25,37
Итого . . .	35,52	106,56	6,21	6,63	3,48	3,72	—	—	55,20

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание свободного волокна		Кoeffициент, %		Извлечение, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч	прироста	искрытия	

Дробление 3

Поступает:										
класс + 12 мм (сход)	58,00	174,00	2,30	4,00	0,10	0,17	—	—	33,35	
класс + 5 мм (сход)	27,84	83,52	3,73	3,13	0,15	0,12	—	—	25,97	
Итого . . .	85,84	257,52	2,76	7,13	0,11	0,29	—	—	59,32	
Выходит:										
дробленный продукт	85,84	257,52	3,45	8,89	1,56	4,12	25	30	74,15	
Итого . . .	85,84	257,52	3,45	8,89	1,56	4,12	25	30	74,15	

Грохочение с отсасыванием 3

Поступает:										
дробленный продукт	85,84	257,52	3,45	8,89	1,56	4,12	25	30	74,15	
Итого . . .	85,84	257,52	3,45	8,89	1,56	4,12	25	30	74,15	
Выходит:										
класс + 5 мм (сход)	77,16	231,48	2,10	4,86	0,10	0,23	—	—	40,56	
класс — 5—0 мм (просев)	4,20	12,60	4,00	0,51	3,00	0,37	—	—	4,20	
пыль в пылевую камеру	0,18	0,54	8,00	0,04	8,00	0,04	—	—	0,36	
черновой концентрат	4,30	12,90	27,00	3,48	26,90	3,47	—	—	29,03	
Итого . . .	85,84	257,52	3,45	8,89	1,56	4,12	—	—	74,15	

Дробление 4

Поступает:										
класс + 5 мм (сход)	77,16	231,48	2,10	4,86	0,10	0,23	—	—	40,56	
Итого . . .	77,16	231,48	2,10	4,86	0,10	0,23	—	—	40,56	
Выходит:										
дробленный продукт	77,16	231,48	2,83	6,57	1,60	3,48	35	40	54,75	
Итого . . .	77,16	231,48	2,83	6,57	1,60	3,78	35	40	54,75	

Грохочение с отсасыванием 4

Поступает:										
дробленный продукт	77,16	231,48	2,83	6,57	1,60	3,78	35	40	54,75	
Итого . . .	77,16	231,48	2,83	6,57	1,60	3,78	35	40	54,75	
Выходит:										
класс + 1,5 мм (сход)	69,98	209,94	1,44	3,01	0,20	0,42	—	—	25,04	
класс — 1,5—0 мм (просев)	2,00	6,00	1,20	0,07	0,66	0,04	—	—	0,60	
пыль в пылевую камеру	0,18	0,54	8,00	0,04	8,00	0,04	—	—	0,36	
черновой концентрат	5,00	15,00	23,00	3,45	21,90	3,28	—	—	28,75	
Итого . . .	77,16	231,48	2,83	6,57	1,63	3,78	—	—	54,75	

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание свободного волокна		Коэффициент, %		Извлеченные, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч	при-роста	вскры-тия	
Дробление 5									
Поступает:									
класс + 1,5 мм (сход)	69,98	209,94	1,40	3,01	0,20	0,42	—	—	25,04
Итого . . .	69,98	209,94	1,40	3,01	0,20	0,42	—	—	25,04
Выходит:									
дробленный продукт	69,98	209,94	2,10	4,36	1,45	3,06	45	50	36,31
Итого . . .	69,98	209,94	2,10	4,36	1,45	3,06	45	50	36,31
Сепарация 1									
Поступает:									
дробленный продукт . . .	69,98	209,94	2,07	4,36	1,45	3,06	—	—	36,31
Итого . . .	69,98	209,94	2,07	4,36	1,45	3,06	—	—	36,31
Выходит:									
черновой концентрат . . .	6,00	18,00	15,68	2,83	15,42	2,77	—	—	23,52
хвосты	63,98	181,94	0,80	1,53	0,15	0,29	—	—	12,79
Итого . . .	69,98	209,94	2,07	4,36	1,45	3,06	—	—	36,31
Дробление 6									
Поступает:									
класс — 1,5 мм (просев)	2,00	6,00	1,20	0,07	0,66	0,04	—	—	0,60
хвосты	63,98	191,94	0,80	1,53	0,15	0,29	—	—	12,79
Итого . . .	65,98	197,94	1,81	1,60	0,16	0,33	—	—	13,39
Выходит:									
дробленный продукт . . .	65,98	197,94	1,33	2,65	1,21	2,39	65	80	22,09
Итого . . .	65,98	197,94	1,33	2,65	1,21	2,39	65	80	22,09
Сепарация 2									
Поступает:									
дробленный продукт . . .	65,98	197,94	1,33	2,65	1,21	2,39	—	—	22,09
Итого . . .	65,98	197,94	1,33	2,65	1,21	2,39	—	—	22,09
Выходит:									
черновой концентрат . . .	8,00	24,00	8,15	1,95	8,10	1,84	—	—	16,30
хвосты	57,98	173,90	0,40	0,70	0,25	0,55	—	—	5,79
Итого . . .	65,98	197,90	1,30	2,65	1,21	2,39	—	—	22,09
Баланс по схеме									
Черновой концентрат . . .	29,60	88,80	19,40	17,27	19,10	16,97	—	—	143,97
Оборотный продукт . . .	11,70	35,10	3,50	1,24	2,40	0,85	—	—	10,33
Пыль в пылевую камеру . . .	0,72	2,16	8,00	0,17	7,90	0,17	—	—	1,44
Хвосты	57,98	173,94	0,40	0,69	0,25	0,44	—	—	5,73
Итого . . .	100,00	300,00	6,46	19,37	5,66	18,43	61	—	161,47

верхний продукт подавать в дробление, нижний — в поток обработки просеив, а средний — для извлечения волокна.

Применение более мелких сит на вибрационных грохотах затрудняет всплывание волокна при обработке просеив ввиду отсутствия в них зерен среднего размера, способствующих всплыванию.

Для отделения пыли на грохотах грузового потока обычно устанавливаются сетки с отверстиями 1,5 мм.

На рис. 114 приведена качественно-количественная схема цеха обогащения, а в табл. 43 — ее расчет. Методика определения содержания свободного волокна в продукте дробления рассматривается в примере, приведенном ниже.

Пример. Содержание асбеста в продукте до дробления (рис. 114) общее 5,64 т и в том числе свободное 0,18 т. Содержание асбеста в продукте после дробления общее с учетом условного прироста $5,64 \cdot 1,12 = 6,32$ и в том числе свободное 1,84 т. Условный прирост общего содержания асбеста после дробления $6,32 - 5,64 = 0,68$ т. Все волокно, полученное за счет условного прироста, — свободное. Скрытого волокна в продукте до дробления было $5,64 - 0,18 = 5,46$.

Принимая коэффициент вскрытия 18%, находим количество вновь вскрытого волокна $\frac{5,46 \cdot 18}{100} = 0,98$ т.

Общее количество свободного волокна в продукте после дробления составляет $0,18 + 0,68 + 0,98 = 1,84$ т. Извлечение подсчитывается по формуле

$$\varepsilon = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{60 \cdot 3,5}{4} = 52,50\%.$$

Перечистка и классификация концентратов

Черновые концентраты подвергаются перечистке отдельно по потокам.

Последовательность операций может быть различной, а именно:
обезгаливание, обеспыливание, классификация;
обеспыливание, обезгаливание, классификация;
классификация, обезгаливание, обеспыливание;
классификация, обеспыливание, обезгаливание.

При первом варианте из концентрата сразу удаляется галля и уменьшается распушающее действие ее на волокно, но концентрат без гали труднее отдает пыль.

Во втором случае обеспыливание в присутствии гали происходит более эффективно, но при этом быстрее изнашиваются сита.

Введение предварительной классификации (третий и четвертый варианты) обеспечивает получение более однородных сортов по длине волокна, а перенесение обезгаливания в конец превращает эту операцию в контрольную по удалению случайной засорен-

ности сортов и облегчает транспортирование готовой продукции в склад.

Для обезгаливания, обеспыливания и классификации применяют грохоты с отсасыванием, воздушные сепараторы, сортовки, рассевы, гредеры и бураты.

Преимущественно для обезгаливания применяют грохоты с отсасыванием, а для обеспыливания и классификации — сортовки и рассевы. При почти равной производительности рассев в 2 раза эффективнее сортовки по удалению пыли, но при работе на длинном волокне он забивается.

Поэтому в потоках получения II—III и IV сортов устанавливаются сортовки, а в потоках V и VI — сортовки, рассевы и бураты.

Количество операций перечистки и классификации для каждого потока определяется исследованиями в зависимости от качества концентрата.

Для концентратов II—III и IV сортов применяется однократное или двукратное обезгаливание, а для V и VI — двукратное или трехкратное.

При двукратном или трехкратном обезгаливании эти операции подряд не применяют. Для лучшего удаления гали необходимо концентрат после обезгаливания обеспылить, а затем вновь обезгалить.

Удаление мелкой гали может производиться и в обеспыливающей сортовке, для чего в первом ее звене ставится сетка с отверстиями 0,8—1 мм, а во втором и третьем — с отверстиями 0,4—0,5 мм. Установка крупной сетки во втором и третьем звеньях сортовки приведет к потере волокна в просевах.

Верхние продукты перечистных грохотов содержат 2—5% свободного волокна и подвергаются дополнительной обработке. Верхние продукты перечистных грохотов первых стадий обогащения целесообразно обрабатывать отдельно, так как они содержат более длинное волокно.

Обработка этих продуктов может производиться с предварительным обеспыливанием и без него.

Исходный продукт подается в сепаратор Механобра, хвосты которого поддуваются и вновь сепарируются.

Извлеченный концентрат перечищается и классифицируется отдельно от концентрата основного потока.

Просевы перечистных грохотов и обеспыливающих сортовок направляются в хвосты или подвергаются дополнительной обработке с применением распушителей. Дополнительной обработке целесообразно подвергать только просевы последних стадий обеспыливания, так как они содержат больше волокна.

Классификацию лучше производить по схеме получения сортов от крупного к мелкому с выделением сортов в сходах. Готовые сорта могут получаться в потоках подряд или через сорт. В схеме следует предусмотреть несколько точек получения каждого сорта.

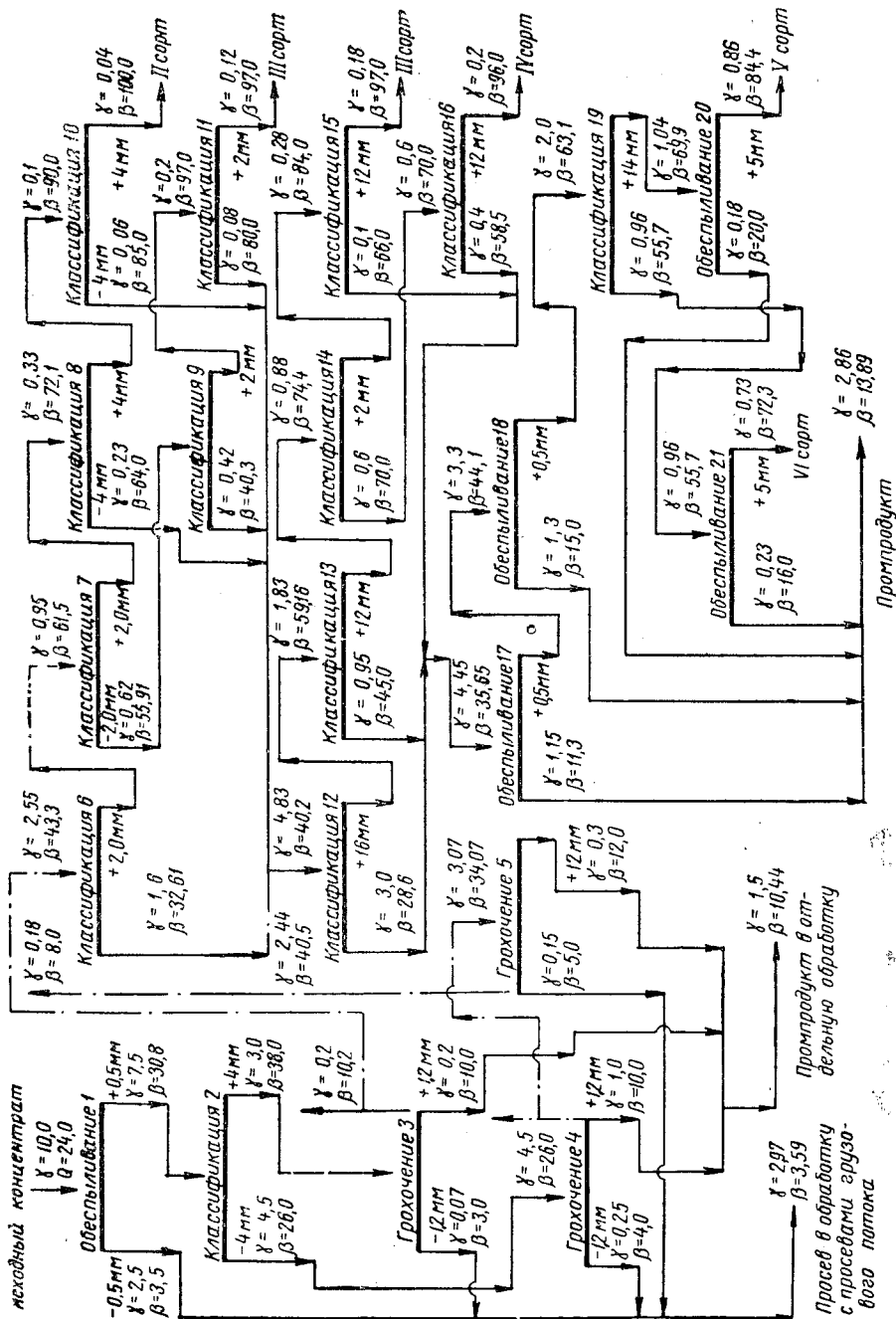


Рис. 115. Качественно-количественная схема перелистки и классификации концентратов (один поток)

**Расчет качественно-количественной схемы одного потока отделения
перечистки классификации концентратов**

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание свободного волокна		Коэффициент перехода с 0,5 на 0,25, %	Извлечение, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч		
Обеспыливание 1								
Поступает:								
исходный продукт . . .	10,00	15,00	24,00	3,60	23,80	3,57	—	60,00
Итого . . .	10,00	15,00	24,00	3,60	23,80	3,57	—	60,00
Выходит:								
класс —0,5 мм (просев) . . .	2,50	3,75	3,50	0,13	3,26	0,12	—	2,18
класс +0,5 мм (сход) . . .	7,50	11,25	30,80	3,47	30,65	3,45	—	57,82
Итого . . .	10,00	15,00	24,00	3,60	23,80	3,57	—	60,00
Классификация 2								
Поступает:								
класс +0,5 мм (сход) . . .	7,50	11,25	30,80	3,47	30,65	3,45	—	57,82
Итого . . .	7,50	11,25	30,80	3,47	30,65	3,45	—	57,82
Выходит:								
класс —4 мм (просев) . . .	4,50	6,75	26,00	1,75	25,90	1,76	—	29,25
класс +4 мм (сход) . . .	3,00	4,50	38,00	1,72	37,70	1,69	—	28,57
Итого . . .	7,50	11,25	30,80	3,47	30,65	3,45	—	57,82
Грохочение с отсасыванием 3								
Поступает:								
класс +4 мм (сход) . . .	3,00	4,50	38,00	1,72	37,70	1,69	—	28,57
Итого . . .	3,00	4,50	38,00	1,72	37,70	1,69	—	28,57
Выходит:								
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,07	0,10	3,00	0,001	3,00	0,01	—	0,05
класс +1,2 мм (сход) . . .	0,20	0,30	10,00	0,03	5,00	0,02	—	0,50
в пылевую камеру . . .	0,18	0,28	8,00	0,02	8,00	0,02	—	0,35
концентрат	2,55	3,82	43,31	1,66	43,30	1,66	—	27,67
Итого . . .	3,00	4,50	38,00	1,72	37,70	1,69	—	28,57
Грохочение с отсасыванием 4								
Поступает:								
класс —4 мм (просев) . . .	4,50	6,75	26,00	1,75	25,90	1,76	—	29,25
Итого . . .	4,50	6,75	26,00	1,75	25,90	1,76	—	29,25
Выходит:								
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,25	0,38	4,00	0,02	4,00	0,02	—	0,25
класс +1,2 мм (сход) . . .	1,00	1,50	10,00	0,14	9,80	0,15	—	2,50
в пылевую камеру . . .	0,18	0,27	8,00	0,02	8,00	0,02	—	0,35
черновой концентрат . . .	3,07	4,60	34,07	1,57	34,00	1,56	—	26,15
Итого . . .	4,50	6,75	26,00	1,75	25,90	1,75	—	29,25

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание свободного волокна		Коэффициент перехода с 0,5 на 0,25, %	Извлечение, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч		

Грохочение с отсасыванием 5

Поступает:								
черновой концентрат . . .	3,07	4,60	34,07	1,57	34,00	1,56	—	26,15
Итого . . .	3,07	4,60	34,07	1,57	34,00	1,56	—	26,15
Выходит:								
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,15	0,22	5,00	0,01	5,00	0,01	—	0,19
класс +1,2 мм (сход) . . .	0,30	0,45	12,00	0,05	11,50	0,05	—	0,90
в пылевую камеру . . .	0,18	0,27	8,00	0,02	8,00	0,02	—	0,35
концентрат	2,44	3,66	40,50	1,48	40,50	1,48	—	24,71
Итого . . .	3,07	4,60	34,07	1,56	34,00	1,56	—	26,15

Классификация 6

Поступает:								
концентрат	2,55	3,82	43,30	1,66	43,30	1,66	—	27,67
Итого . . .	2,55	3,82	43,30	1,66	43,30	1,66	—	27,67
Выходит:								
класс —2 мм (просев) . . .	1,60	2,40	32,61	0,78	32,6	0,78	—	13,05
класс +2 мм (сход) . . .	0,95	1,42	61,50	0,88	61,50	0,86	—	14,62
Итого . . .	2,55	3,82	43,30	1,66	43,30	1,66	—	27,67

Классификация 7

Поступает:								
класс +2 мм	0,95	1,42	61,50	0,87	61,50	0,87	—	14,62
Итого . . .	0,95	1,42	61,50	0,87	61,50	0,87	—	14,62
Выходит:								
класс —2 мм (просев) . . .	0,62	0,93	55,91	0,52	55,91	0,52	—	8,67
класс +2 мм (сход) . . .	0,33	0,49	72,10	0,36	72,10	0,36	—	5,95
Итого . . .	0,95	1,42	61,50	0,88	61,50	0,88	—	14,62

Классификация 8

Поступает:								
класс +2 мм (сход) . . .	0,33	0,49	72,10	0,36	72,10	0,36	—	5,95
Итого . . .	0,33	0,49	72,10	0,36	72,10	0,36	—	5,95
Выходит:								
класс —4 мм (просев) . . .	0,23	0,34	64,00	0,22	64,00	0,22	—	3,68
класс +4 мм (сход) . . .	0,10	0,15	91,1	0,14	90,60	0,14	—	2,27
Итого . . .	0,33	0,46	72,10	0,36	72,10	0,36	—	5,95

Классификация 9

Поступает:								
класс —2 мм (просев) . . .	0,62	0,93	55,91	0,52	55,91	0,52	—	8,67
Итого . . .	0,62	0,93	55,91	0,52	55,91	0,52	—	8,67

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание свободного волокна		Коэффициент прехода с 0,5 на 0,25, %	Извлечение, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч		
Выходит:								
класс —2 мм (просев)	0,42	0,63	40,30	0,25	40,30	0,25	—	4,23
класс +2 мм (сход)	0,20	0,30	90,00	0,27	90,00	0,27	—	4,44
Итого . . .	0,62	0,93	55,91	0,52	55,91	0,52	—	8,67

Классификация 10

Поступает:								
класс +4 мм (сход) . . .	0,10	0,15	91,10	0,14	90,60	0,14	—	2,27
Итого . . .	0,10	0,15	91,10	0,14	90,60	0,14	—	2,27
Выходит:								
класс —4 мм (просев) . .	0,06	0,09	85,00	0,08	85,00	0,08	—	1,27
класс +4 мм (сход) II сорт	0,04	0,06	100,00	0,06	100,00	0,06	—	1,00
Итого . . .	0,10	0,15	91,10	0,14	90,60	0,14	—	2,27

Классификация 11

Поступает:								
класс +2 мм (сход) . . .	0,20	0,30	90,00	0,27	90,00	0,27	—	4,44
Итого . . .	0,20	0,30	90,00	0,27	90,00	0,27	—	4,44
Выходит:								
класс —2 мм (просев) . .	0,08	0,12	80,00	0,10	80,00	0,10	—	1,60
класс +2 мм (сход)								
III сорт	0,12	0,18	97,00	1,18	97,00	1,18	2,0	2,91
Итого . . .	0,20	0,30	90,30	1,28	90,00	1,28	1,9	4,51

Классификация 12

Поступает:								
концентрат	2,44	3,66	40,50	1,48	40,50	1,48	—	24,71
класс —2 мм (просев) . .	1,60	2,40	32,61	0,78	32,60	0,78	—	13,05
класс —4 мм (просев) . .	0,23	0,34	64,00	0,22	64,00	0,22	—	3,68
класс —2 мм (просев) . .	0,42	0,63	40,30	0,25	40,30	0,25	—	4,23
класс —4 мм (просев) . .	0,06	0,09	85,00	0,08	85,00	0,08	—	1,27
класс —2 мм (просев) . .	0,08	0,12	80,00	0,10	80,00	0,10	—	1,60
Итого . . .	4,83	7,24	40,20	2,91	40,20	2,91	—	48,54
Выходит:								
класс —1,6 мм (просев) .	3,00	4,50	28,60	1,29	28,60	1,29	—	21,48
класс +1,6 мм (сход) . .	1,83	2,74	59,16	1,62	59,16	1,62	—	27,06
Итого . . .	4,83	7,24	40,20	2,91	40,20	2,91	—	48,54

Классификация 13

Поступает:								
класс +1,6 мм (сход) . .	1,83	2,74	59,16	1,62	59,16	1,62	—	27,06
Итого . . .	1,83	2,74	59,16	1,62	59,16	1,62	—	27,06

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание свободного волокна		Коэффициент перехода с 0,5 на 0,25, %	Извлечение, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч		
Выходит:								
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,95	1,42	45,00	0,64	45,00	0,64	—	10,68
класс +1,2 мм (сход) . . .	0,88	1,32	74,40	0,98	74,40	0,98	—	16,38
Итого . . .	1,83	2,74	59,16	1,62	59,16	1,62	—	27,06

Классификация 14

Поступает:								
класс +1,2 мм (сход) . . .	0,88	1,32	74,40	0,98	74,40	0,98	—	16,38
Итого . . .	0,88	1,32	74,40	0,98	74,40	0,98	—	16,38
Выходит:								
класс —2 мм (просев) . . .	0,60	0,90	70,00	0,63	70,00	0,63	—	10,50
класс +2 мм (сход) . . .	0,28	0,42	84,00	0,35	84,00	0,35	—	5,88
Итого . . .	0,88	1,32	74,40	0,98	74,40	0,98	—	16,38

Классификация 15

Поступает:								
класс +2 мм (сход) . . .	0,28	0,42	84,00	0,35	84,00	0,35	—	5,88
Итого . . .	0,28	0,42	84,00	0,35	84,00	0,35	—	5,88
Выходит:								
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,10	0,15	66,00	0,10	66,00	0,10	—	1,65
сход III сорт	0,18	0,27	97,00	0,27	97,00	0,27	2,0	4,36
Итого . . .	0,28	0,42	85,90	0,37	85,90	0,37	1,9	6,01

Классификация 16

Поступает:								
класс —2 мм (просев) . . .	0,60	0,90	70,00	0,63	70,00	0,63	—	10,50
Итого . . .	0,60	0,90	70,00	0,63	70,00	0,63	—	10,50
Выходит:								
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,40	0,60	58,50	0,35	58,5	0,35	—	5,85
сход IV сорт	0,20	0,30	96,00	0,29	96,00	0,29	3,00	4,80
Итого . . .	0,60	0,90	70,10	0,64	70,10	0,64	1,00	10,65

Обеспыливание 17

Поступает:								
класс —1,6 мм (просев) . . .	3,00	4,50	28,60	1,29	28,60	1,29	—	21,48
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,95	1,42	45,00	0,64	45,00	0,64	—	10,68
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,10	0,15	66,00	0,10	66,00	0,10	—	1,65
класс —1,2 мм (просев) . . .	0,40	0,60	58,50	0,35	58,50	0,35	—	5,85
Итого . . .	4,45	6,67	35,65	2,38	35,65	2,38	—	39,66
Выходит:								
класс —0,5 мм (промпродукт)	1,15	1,72	11,30	0,19	11,30	0,19	—	3,25
класс +0,5 мм (сход)	3,30	4,95	44,1	2,19	44,10	2,19	—	36,41
Итого . . .	4,45	6,67	35,65	2,38	35,65	2,38	—	39,66

Наименование продукта	Выход		Содержание асбеста		Содержание свободного волокна		Коэффициент перехода с 0,5 на 0,25, %	Извлечение, %
	%	т/ч	%	т/ч	%	т/ч		
Обеспыливание 18								
Поступает:								
класс +0,5 мм (сход) . . .	3,30	4,95	44,10	2,19	44,10	2,19	—	36,41
Итого . . .	3,30	4,95	44,10	2,19	44,10	2,19	—	36,41
Выходит:								
класс —0,5 мм (промпродукт)	1,30	1,95	15,00	0,30	15,00	0,30	—	4,86
класс +0,5 мм (сход) . . .	2,00	3,00	63,10	1,89	63,10	1,89	—	31,55
Итого . . .	3,30	4,95	44,10	2,19	44,10	2,19	—	36,41

Классификация 19

Поступает:								
класс +0,5 мм (сход) . . .	2,00	3,00	63,10	1,89	63,10	1,89	—	31,35
Итого . . .	2,00	3,00	63,10	1,89	63,10	1,89	—	31,35
Выходит:								
класс —1,4 мм (просев) . .	0,96	1,44	55,70	0,80	55,70	0,80	—	13,36
класс +1,4 мм (сход) . . .	1,04	1,56	69,90	1,09	69,90	1,09	—	18,19
Итого . . .	2,00	3,00	63,10	1,89	63,10	1,89	—	31,55

Обеспыливание 20

Поступает:								
класс +1,4 мм (сход) . . .	1,04	1,56	69,90	1,09	69,90	1,09	—	18,19
Итого . . .	1,04	1,56	69,90	1,09	69,90	1,09	—	18,19
Выходит:								
класс —0,5 мм (просев) . .	0,18	0,27	20,00	0,05	20,00	0,05	—	0,90
V сорт (сход)	0,86	1,29	84,40	1,09	84,40	1,09	3,0	18,13
Итого . . .	1,04	1,56	73,20	1,14	73,20	1,14	—	19,03

Обеспыливание 21

Поступает:								
класс —1,4 мм (просев) . .	0,96	1,44	55,70	0,80	55,70	0,80	—	13,36
Итого . . .	0,96	1,44	55,70	0,80	55,70	0,80	—	13,36
Выходит:								
класс —0,5 мм (промпродукт)	0,23	0,34	16,00	0,06	16,00	0,06	—	0,91
IV сорт (сход)	0,73	1,09	72,30	0,79	72,30	0,79	6,0	13,19
Итого . . .	0,96	1,44	58,70	0,85	58,70	0,85	—	14,10

При выборе сеток для аппаратов укрупненно можно руководствоваться следующим: для обеспыливания применять сетку с отверстиями 0,4—0,5 и 0,63 мм; для получения в сходе II сорта — с отверстиями 8 мм (в просеве ее может быть получен III сорт). Для получения в сходе III сорта рекомендуется применять сетку с отверстиями, равными 6—6,5 мм (в просеве ее может быть получен IV сорт); для получения в сходе IV сорта — с отверстиями, равными 2,5—3 мм (в просеве ее может быть получен V сорт); для получения VI сорта — применять сетку 0,8—1 мм, а для получения его в просеве — сетку с отверстиями 1,8—2 мм.

На рис. 115 приведена качественно-количественная схема перечистки и классификации, а в табл. 44 дан ее расчет.

Глава XX

ОБОГАЩЕНИЕ ВЫСОКОСОРТНЫХ РУД

При проектировании фабрики по обогащению высокосортных руд руководствуются данными по исследованию этих руд.

Для сравнения и ориентировочной оценки результатов исследования можно пользоваться выходами сортов из рудной массы, получаемыми при обогащении высокосортных руд Баженовского месторождения: АК 0,1%, а с учетом периферических участков залежей, бедных по содержанию высоких сортов асбеста, 0,06%.

Выход III сорта 0,6%, IV сорта 0,8%, V сорта 1,8% и VI сорта 1,3%.

Наличие в исходной руде волокна длиной более 25 мм указывает на возможность получения асбеста марки Ж-I-40, так как в этой марке содержится около 25% волокна асбеста длиннее 25 мм, в то время как в марке Ж-II-10 это волокно почти отсутствует или имеется в незначительном количестве.

I сорт содержит около 35% волокна длиной 20 мм, в том числе около 15% волокна длиной 30 мм. Отсутствие в руде волокна длиной более 20—25 мм служит признаком отсутствия в ней I сорта.

II сорт содержит около 30% волокна длиной 15 мм и выше, в том числе около 20% волокна длиной 18 мм и выше. Отсутствие в руде этого волокна свидетельствует об отсутствии в ней II сорта.

III сорт содержит около 30% волокна длиной 10 мм и выше, в том числе около 20% волокна длиной 12 мм. Отсутствие в руде такого волокна является признаком отсутствия в ней III текстильного сорта.

Поэтому при определении ожидаемого выхода текстильных сортов (особенно первых трех) нельзя ориентироваться только на показатели контрольного аппарата. Основным показателем должно служить геологическое содержание волокна в руде.

Технологическая схема фабрики рассчитывается на исключи-

тельно бережное отношение к волокну, что вызывает некоторое снижение производительности для отдельных аппаратов.

Выделение мелких фракций руды обязательно даже из продукта перед первой стадией дробления в ДСК.

Необходимо до минимума свести перегрузки аппаратов как по руде, так и по волокну. Сортировки для классификации следует принимать в минимальном количестве, чтобы сократить путь движения концентратов, а снижение от этого эффективности классификации компенсировать уменьшением угла наклона сортовок до 3—4°.

При организации рудоразборки ее следует предусматривать на плоских ленточных конвейерах шириной 800—1200 мм при скорости движения ленты 0,2—0,3 м/сек.

Руда на ленте должна располагаться в один слой при коэффициенте заполнения площади ленты 0,6—0,7.

Рудоразборка может проводиться по двум вариантам:

- 1) раздельная выборка на одном конвейере, когда производится отдельно выборка руды кускового асбеста и отборной руды;
- 2) двухстадиальная выборка, когда на конвейере выбирается вся руда, содержащая длиноволокнистый асбест, а затем из отобранной массы на втором конвейере выбирается руда кускового асбеста.

При втором варианте достигается большая сосредоточенность работающих и лучшие результаты.

Фронт работы одного выборщика при первичной выборке 2 м, а при вторичной 1,5 м. Производительность одного выборщика при первичной выборке 80 кг/ч, а при выборке руды кускового асбеста 120 кг/ч. Выборщики могут располагаться с одной стороны конвейера или с двух сторон в шахматном порядке.

При переработке руды по такой схеме общий выход высоко-сортных руд составляет около 3% исходной руды, в этом числе около 0,005% руды кускового асбеста.

Глава XXI

ОБОГАЩЕНИЕ РУДЫ АНТОФИЛЛИТ-АСБЕСТА

При обогащении руды антофиллит-асбеста весьма важно не только максимально извлечь волокно, но и отделить от него растворимые примеси, поэтому волокно асбеста подвергается интенсивной распушке и не контролируется по текстуре.

Волокно антофиллита сильно впитывает влагу и не переносит высоких температур. Поэтому сушку руды целесообразно проводить в сушильных аппаратах поточной системы с температурой 250—300°.

Извлечение черновых концентратов целесообразно производить

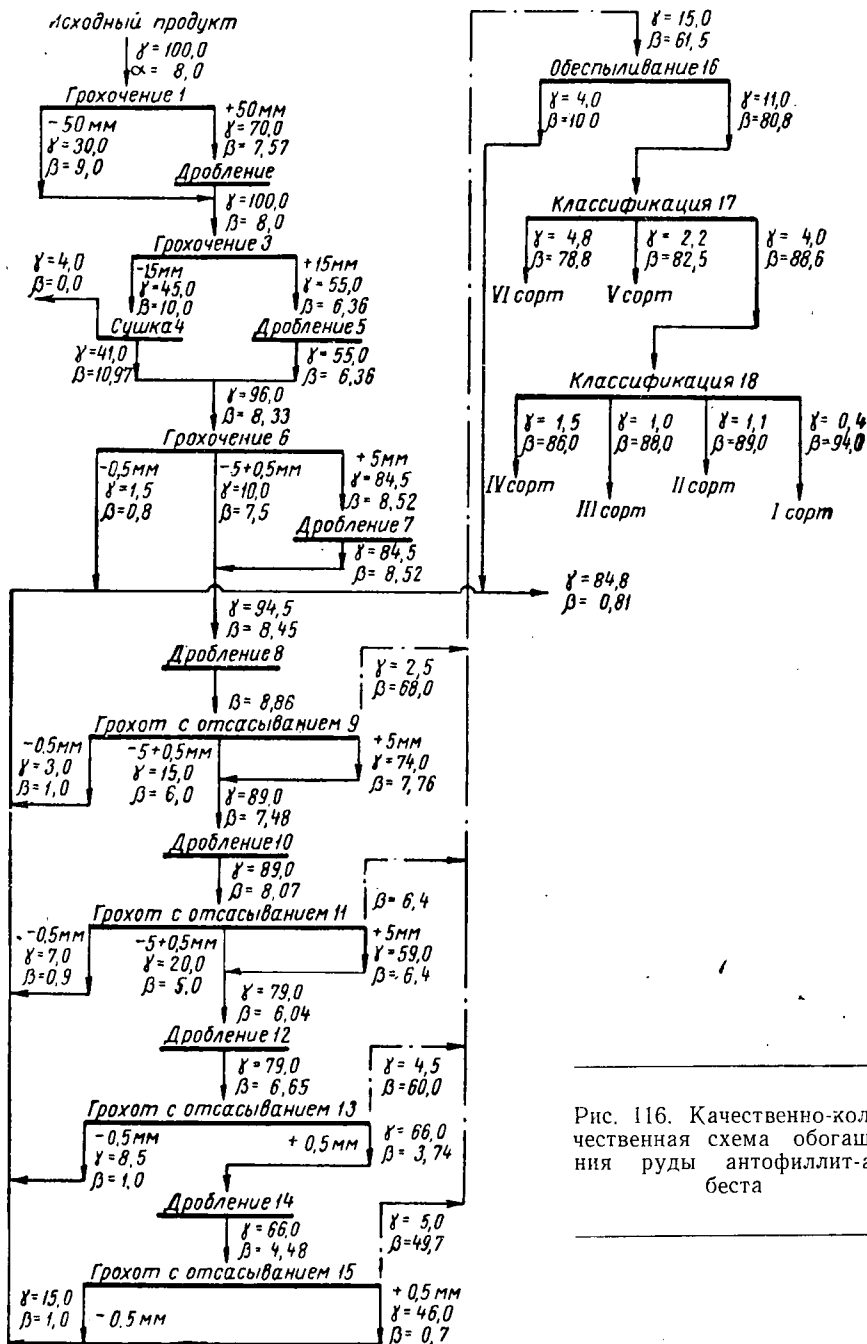


Рис. 116. Качественно-количественная схема обогащения руды антофиллит-асбеста

с грохотов после всех стадий дробления. На грохотах лучше ставить сетки с отверстиями 1,5—2 мм.

В отдельных случаях просев менее 1,5 мм можно направлять сразу в отвал, но лучше подавать его в подпушку для получения коротковолокнистого асбеста или промышленно ценной смеси волокна с сопутствующей породой.

Черновой концентрат следует обеспыливать, затем подпушивать в дезинтеграторе и классифицировать на товарные сорта.

На рис. 116 приведена примерная качественно-количественная схема фабрики по обогащению антофиллит-асбеста.

Глава XII

КОНТРОЛЬ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АСБЕСТООБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Асбестообогажительные фабрики являются сложными механизированными предприятиями, где технологические процессы характерны большими потоками обрабатываемых продуктов и работа одного аппарата зависит от работы другого.

В целях обеспечения нормального ведения технологического процесса и контроля за ним на фабриках отбираются пробы для определения следующих основных показателей: содержания и качества асбеста в руде и в хвостах обогащения; влажности руды и иногда готовой продукции; ситового состава продуктов дробления, грохочения и классификации; качества товарных сортов асбеста.

Каждая проба должна быть средней, т. е. представительной.

Средней пробой называется часть опробуемого продукта, в которой все составляющие компоненты содержатся в том же соотношении, как и во всем опробуемом продукте.

Вес средней пробы зависит от размера наибольших кусков опробуемого продукта и от его качества (тип асбестоносности, однородность и т. д.).

Зависимость веса пробы от размера кусков продукта выражается формулой

$$Q = kD^a, \text{ кг.}$$

где D — наибольший размер кусков, мм;

k и a — постоянные величины, зависящие от крупности. Для асбестовых руд $k=0,1$; $a=1,8$.

Вес пробы в зависимости от крупности приведен в табл. 45.

Опробование сыпучего продукта, находящегося в движении, производится методом поперечных и продольных сечений.

Метод продольных сечений заключается в том, что движущийся продукт делится на ряд струй по длине и в пробу отводят одну или несколько чередующихся струй.

Вес пробы в зависимости от крупности асбестовой руды

Максимальный размер куска, мм	Вес пробы, кг	Максимальный размер куска, мм	Вес пробы, кг
150	830	18	18
100	400	15	13
70	210	12	9
60	160	10	6
50	110	8	4
40	75	6	2,5
35	60	5	1,3
30	45	4	1,2
25	35	3	0,7
20	22	—	—

При методе поперечных сечений через равные промежутки времени от продукта отсекают в пробу часть его по всей толщине слоя потока.

Первый метод применяется при опробовании мелкозернистого и достаточно однородного по удельному весу и крупности продукта.

Неоднородный продукт при движении подвергается сегрегации, что снижает однородность в поперечном сечении и точность опробования продольным сечением.

Более точным является метод поперечных сечений. На точность опробования этим методом влияет только неоднородность в продольном направлении продукта. Чем реже меняется содержание полезного компонента в продукте и толщина потока в продольном направлении, тем чаще должно быть отсекание продукта в пробу. Отбор проб методом

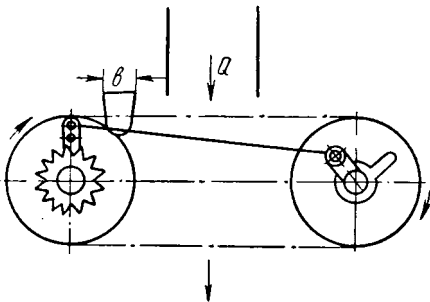


Рис. 117. Схема цепного ковшевого пробоотбирателя с дифференциальным движением ковша

поперечных сечений осуществляется ручным или автоматическим способом.

При ручном отборе проб применяют ковши, совки, сталкиватели и т. д. С помощью этих средств движущийся поток пересекается в поперечном направлении на всю толщину слоя продукта.

Автоматические пробоотбиратели по принципу действия подразделяются на: стационарные (сократители), непрерывно отсекающие часть продукта в пробу в продольном направлении потока; механические, отбирающие пробу поперечным сечением всего потока через равные промежутки времени.

При механическом способе отбора проб наиболее часто применяется цепной ковшовый пробоотбиратель с дифференциальным движением ковша, дающий возможность регулировать степень сокращения в больших пределах.

Пробоотбиратель (рис. 117) представляет собой цепной ковшовый конвейер небольшой длины. На бесконечных цепях, накинутах на два барабана, навешены один или несколько ковшей и скорость движения их определяет частоту отбора пробы.

В пробоотбирателях этого типа в момент отсечения пробы ковш движется со скоростью, в несколько раз превышающей среднюю скорость вне потока руды. Скорость движения ковша изменяется от 0,2 до 1 м/сек. Возможное число отсечек в час составляет от 2 до 12. Ширина ковша принимается от 800 до 350 мм.

Заданная степень сокращения достигается подбором скорости движения ковша под струей руды и числа отсечений в час. Вес пробы, отбираемой пробоотбирателем, определяется формулой

$$q = \frac{QbN}{3600v_2}, \text{ кг/ч,}$$

где q — вес пробы, отбираемой в единицу времени, кг;
 Q — производительность потока, подлежащего опробованию, в единицу времени, т;
 b — ширина ковша пробоотбирателя, мм;
 N — число отсечек в час;
 v_2 — скорость ковша во время отсечения пробы (0,2—1 м/сек).

Отобранная проба подвергается обработке, которая включает сушку, перемешивание, сокращение, дробление, грохочение и извлечение волокна с последующим определением его качества по геологическим сортам или по содержанию волокна на ситах контрольного аппарата.

Сушка пробы производится в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре 100—105°С.

Перед сокращением пробу подвергают перемешиванию, которое в зависимости от крупности и веса пробы осуществляется методом кольца и конуса, перекачиванием, просеиванием и механическим перемешиванием.

Перемешивание методом кольца и конуса производится на ровной площадке, где пробу раскладывают сначала в кольцо, а затем, забирая совком небольшие порции продукта с внутренней стороны кольца, сыпают на конус. Для лучшего перемешивания эти операции повторяют 3—4 раза.

Перекачивание применяется для усреднения мелкого продукта при весе пробы 20—25 кг. Пробу высыпают на клеенку или плотную бумагу, берут руками за концы полотна и, попеременно поднимая и опуская края, перекачивают продукт, усредняя пробу.

Усреднение просеиванием применяется для небольших проб

мелкого продукта. Для просеивания берется сито, диаметр отверстий которого в 2--3 раза больше самого крупного куска. Эти операции повторяются несколько раз.

Механическое перемешивание осуществляется в специальных аппаратах-смесителях.

После перемешивания пробу сокращают квартованием, квадратованием или механическими делителями.

Широкое применение имеет метод квартования, при котором продукт, насыпанный конусом, разравнивают в плоский диск одинаковой толщины и делят его на четыре сектора взаимно перпендикулярными линиями.

Противоположные секторы объединяют и получают две пробы, одна из которых используется для анализа.

Для сокращения мелкого продукта применяется струйчатый делитель, состоящий из наклонных (50°) металлических желобков, соединенных в одну коробку и обращенных нижними отверстиями во взаимно противоположные стороны.

Продукт высыпают вдоль продольной оси делителя на желобки; при этом проба делится на две равные части.

Число желобков принимается четным, и ширина каждого желобка принимается не менее трехкратного размера наибольших зерен продукта.

Отбор проб от исходной руды и хвостов

Отбор проб исходной руды производится после первой или второй стадии дробления в ДСК и перед поступлением в цех обогащения.

При выборе места и метода отбора проб учитывается тип асбестоносности, так как не из всех асбестовых руд одинаково легко взять представительную пробу.

Руды сетчатого и мелкопрожилкового типа асбестоносности являются более простыми для отбора представительной пробы, чем руды простых и сложных отороченных жил.

Отбор проб от очень бедных среднесортных и низкосортных руд при содержании в них асбеста менее 1% особенно затруднителен. Отбор проб от исходной руды на фабриках производится механическим способом или вручную.

Отбор проб непосредственно из вагона или приемного устройства крайне неэффективен и осуществляется в исключительных случаях при руде малой крупности.

При отборе пробы вручную проба отбирается путем пересечения потоком руды на конвейере, сталкивания руды с ленты движком или пересечения потока при его перепаде с ленты.

Более точным является последний прием. При отборе проб непосредственно с ленты необходимо учитывать, что вследствие сегрегации с одной стороны ленты сосредоточивается более богатый продукт, а с другой более бедный. Это явление происходит

при подаче руды на ленточный конвейер сбоку по желобу. В данном случае желоб является как бы наклонной плоскостью, поэтому волокно асбеста и мелкие зерна руды, имеющие больший коэффициент трения, концентрируются у места разгрузки желоба, а крупные куски руды попадают на противоположную сторону конвейера.

При желобчатой ленте наиболее богатая часть руды концентрируется в углублении, что также усложняет отбор средней пробы.

При отборе проб с ленты скорость ее допускается не более 0,5—0,7 м/сек и ширина должна быть не более 600 мм. Пробы отбираются каждые 20—30 мин с обязательным пересечением всего потока и с накоплением продукта за определенный промежуток времени.

Отбор проб от хвостов производится так же. Если хвосты транспортируются несколькими потоками, качественно отличающимися друг от друга, то они опробуются отдельно, но на анализ направляться могут в виде одной смешанной пробы, составленной с учетом удельного выхода хвостов в отдельных потоках.

Отбор проб на влажность руды производится от продуктов до и после сушки с интервалом от 1 до 4 ч.

Отбор проб готовой продукции

Отбор проб готовой продукции производится в период получения сортов в цехе обогащения и перед отправкой потребителям.

В первом случае пробы отбираются вручную (горстью) в каждой отдельной точке получения сортов, периодически в течение всей смены.

Во втором случае пробы отбираются от каждой партии асбеста. Партией, от которой отбирается проба, считается асбест, погруженный в один железнодорожный вагон.

При поставке асбеста в мешках отбирается проба (одна горсть асбеста) из середины каждого десятого мешка. Если вес партии менее 10 т, проба отбирается от каждого пятого мешка. Общий вес средней пробы должен быть около 20 кг.

Допускается отбирать среднюю пробу асбеста от 2% мешков, но не менее чем из двух мешков асбеста каждой марки.

При поставке асбеста в вагонах навалом от каждого вагона по мере погрузки или разгрузки, примерно через равные промежутки времени, отбирают девять проб асбеста весом около 3 кг каждая по схеме, представленной на рис. 118.

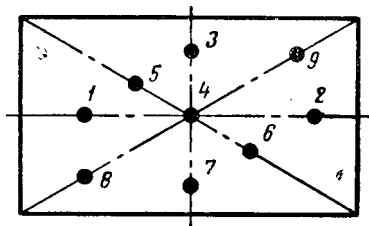


Рис. 118. Схема отбора проб сортового асбеста из вагона

Отобранную пробу высыпают на чистый гладкий настил, тщательно перемешивают и перебирают вручную для проверки наличия посторонних предметов, а также для разрыхления слежавшихся комьев. После того как вся масса асбеста станет однообразно рыхлой, ее выравнивают в слой в виде круга высотой не более 100 мм. Круг делят по двум взаимно перпендикулярным диаметрам на четыре равные части. Асбест из двух противоположных секторов удаляют в сторону, оставшийся соединяют вместе, перемешивают и снова сокращают до остатка весом не менее 5 кг.

Полученная проба делится на две равные части, из которых одна предназначается для испытаний, а вторая хранится как контрольная.

Глава XXIII

ОБРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБ

Технический контроль является одним из основных звеньев в организации правильного ведения технологического процесса.

Для обеспечения полноты контроля он осуществляется поагрегатно и по цехам.

Контроль за работой дробильных машин производится по ситовым анализам продуктов до и после дробления.

Сушильные аппараты проверяются по расходу топлива на тонну испаренной влаги и на тонну просушенной руды. При этом проверяется влажность руды до и после сушки, а также температура топочных и отходящих газов.

Контроль за работой грохотов и сепараторов производится подсчетом коэффициента полезного действия, а за обеспыливающими и классифицирующими аппаратами — по степени обеспыливания и однородности конечных продуктов.

Работа пневматических установок контролируется определением скоростного напора в воздухоприемниках и содержания свободного волокна в надрешетных продуктах грохотов.

Систематически производится контроль за количеством и качеством руды, поступающей на фабрику и в отдельные цехи, потерями асбеста в хвостах по общему содержанию и свободному волокну, а также крупностью отвального продукта. Для осуществления контроля непосредственно в цехах предусматриваются следующие основные контрольно-измерительные приборы: весы для взвешивания руды, готовой продукции и хвостов обогащения; механические пробоотбиратели и сократители с весами для взвешивания проб; сита для проведения ситовых анализов; термомпары с гальванометрами в сушильном отделении; вакуумметры для контроля за работой пневматических установок.

Каждая фабрика имеет производственную лабораторию, способную производить следующие анализы: определение содержания асбеста и его сортового состава в руде, в промежуточных продук-

тах, в концентратах и хвостах; определение состава по крупности всех продуктов; сортности готовой продукции и ее текстуры; прочности и кислотостойкости волокна; статического и динамического напора в пневматических установках и т. д.

Оборудование лаборатории подбирается с таким расчетом, чтобы иметь возможность кроме основной работы проводить небольшие исследовательские работы. Соответственно характеру и объему работ фабричная лаборатория оборудуется следующими аппаратами и приборами: лабораторное оборудование для дробления руды от 200 до 0,2 мм — щековые и валковые дробилки, дезинтеграторы, бегуны, молотковые дробилки, дисковые истиратели, стержневые мельницы и т. д., набор сит с отверстиями размером от 100 до 0,25 мм, механический встряхиватель; сушильная печь для сушки проб руды; сушильный шкаф для сушки проб концентратов; муфельная печь; сократители проб; аппарат для определения текстуры асбеста; аппарат для определения объемного веса асбестового волокна; аппарат для определения прочности асбеста; оборудование для определения кислотостойкости; виброплоскости для извлечения асбеста из проб; плоский качающийся грохот с пневматической установкой; весы десятичные и аналитические; набор щеток для извлечения волокна из проб; набор пневмометрических трубок и другие аэродинамические приборы; секундомеры и другие измерительные приборы.

Определение содержания асбеста в руде

Лабораторное содержание асбеста в руде и его качество определяются способами геологического и горного анализа. Оба способа основаны на механическом разделении компонентов. На результаты анализа в какой-то мере влияют субъективные факторы.

Геологический способ применяется при обработке проб разведочных работ, а горный — при обработке проб на фабриках.

По данным геологического анализа оценивается месторождение, а по данным горного анализа планируется питание фабрик рудой и оценивается их работа. Наличие двух способов оценки руды затрудняет планирование и учет, и в данный период решается вопрос о переходе на единый и более прогрессивный способ оценки.

Обработка проб обоими способами производится в определенных стандартных условиях.

Геологический способ основан на стадийном дроблении пробы с извлечением волокна, начиная от более крупного. Исходная проба дробится в щековой дробилке при щели 20 мм, перемешивается и сокращается квартованием на основную и контрольную пробы весом по 10—40 кг. Вес пробы принимается с учетом ожидаемого качества в ней асбеста.

Если по глазомерной оценке в пробе имеется волокно I и

II геологических сортов, то вес ее принимается не менее 20 кг для богатых руд и не менее 40 кг для бедных. Необходимо, чтобы выход волокна каждого сорта был не менее 20 г.

Основная проба взвешивается, сушится при температуре 100—105°С до постоянного веса, вновь взвешивается и последовательно измельчается в валковой дробилке при зазорах 6—3—1,5 мм. После каждой операции дробления производится рассеивание продукта и извлечение из него волокна.

Рассеивание пробы производится на проволочных ситах (табл. 46) со следующими размерами ящиков: длина 450 мм, ширина 200 мм, высота 60 мм.

Таблица 46

Сита для обработки геологических проб

№ сита	Размер отверстий сита в свету, мм	Диаметр проволоки сита, мм	Получаемый геологический сорт	Условная средняя длина волокна геологического сорта, мм
I	8,0	1,2	I	15,0
II	6,3	1,1	II	12,0
III	4,0	1,0	III	8,0
IV	2,8	0,7	IV	5,0
V	1,6	0,7	V	2,5
VI	0,5	0,3	VI	1,5
VII	0,25	0,17	VII	—

При рассеивании волокно сосредоточивается в верхнем слое продукта и снимается волосяной щеткой, а более длинное волокно выбирается вручную. Таким образом в каждой стадии рассеивания извлекается из предварительно расклассифицированного продукта волокно узкого класса в пределах двух смежных сит.

После рассеивания пробы на каждом сите и отбора волокна оставшийся верхний продукт направляется в следующую стадию дробления. Нижний продукт направляется на сита с меньшими отверстиями, где также производится извлечение свободного волокна.

После извлечения высоких сортов вес пробы уменьшается до 5—6 кг, после чего извлекаются III и IV сорта.

Перед извлечением V и VI сортов вес пробы уменьшается до 2—3 кг, однако количество собранного волокна каждого сорта должно быть не менее 10 г.

Волокно, отобранное в каждой стадии, отдельно перечисляется на тех же ситах и взвешивается. Количество волокна, отобранного в каждой стадии, характеризует выход геологических сортов, а суммарный вес всех сортов, выраженный в процентах к весу пробы, дает общее лабораторное содержание асбеста в руде.

При обработке геологических проб можно предварительно

взвешенную пробу разобрать вручную на явно выраженную пустую породу и породу, содержащую асбест. Дальнейшей обработке подвергается только вторая часть, но расчет содержания ведется на вес общей пробы.

При обработке геологических проб руды антофиллит-асбеста, учитывая малую прочность волокна и иной ситовый состав антофиллитового асбеста, рекомендуется применять сита, указанные в табл. 47.

Таблица 47

Сита для определения геологических сортов в руде антофиллитового асбеста

Показатели	Геологический сорт						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Размер отверстий сита, мм	6,0	4,0	2,0	1,6	1,0	0,5	0,25
Толщина проволоки сита, мм	1,2	1,0	0,6	0,7	0,35	0,3	0,17

Обработка горных проб также осуществляется путем стаднального дробления с последующим извлечением вскрытого волокна.

Вес исходной пробы берется с учетом содержания асбеста в руде (табл. 48).

Таблица 48

Вес исходной пробы в зависимости от ориентировочного содержания асбеста в руде

Примерное содержание асбеста, %	3	4	5
Вес пробы, кг	20	14	12

Количество волокна, извлеченного из пробы, должно быть не менее 500 г.

После дробления в щековой дробилке проба перемешивается и сокращается квартованием на основную и контрольную с последующей обработкой последней.

Рассевание пробы производится в ящиках с ситами, характеристика которых приведена в табл. 49.

Таблица 49

Сита для обработки проб горным способом

№ сита	Размер отверстия сита в свету, мм	Диаметр проволоки, мм
I	6,0	1,2
II	4,0	1,0
III	2,5	0,5
IV	1,6	0,7
V	0,5	0,3

Волокно, извлеченное из пробы до дробления в валковой дробилке, условно называется свободным (хотя часть его вскрыта при дроблении в щековой дробилке), остальное волокно — скрытым.

Свободное и скрытое волокно отдельно подвергаются пересчетке на сите с отверстиями в свету 0,5 мм и взвешиваются. Затем все волокно тщательно перемешивается и от него отбирается проба весом не менее 500 г для анализа на контрольном аппарате.

Содержание пыли (класса менее 0,25 мм) в волокне, поступающем для анализа на контрольный аппарат, должно быть не более 2%.

Извлечение волокна из пробы производится с помощью волосяной щетки или лабораторной вибрационной машины (рис. 119).

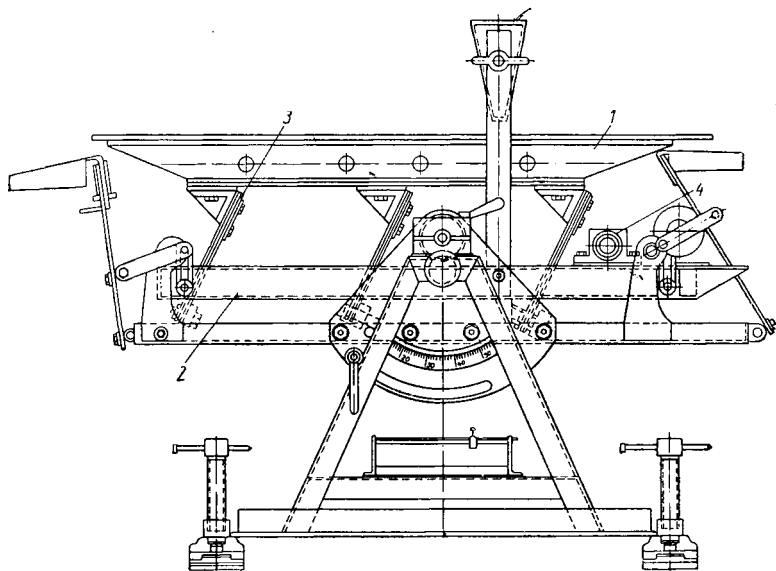


Рис. 119. Лабораторная вибрационная машина

Лабораторная вибрационная машина состоит из следующих основных узлов: деки 1, реактивной рамы 2, упругой системы рес-сор 3, вибратора 4, опорной рамы и подъемного устройства, амортизаторов. Размер деки 650×1250 мм.

Опорная рама снабжена подъемным устройством, позволяющим установить необходимый угол наклона к горизонту. Для изменения поперечного угла наклона деки служат два штыря, укрепленных на одной стороне опорной рамы. Наивыгоднейшими параметрами работы вибрационной машины являются поперечный угол наклона деки 7—8°; продольный угол наклона деки 15—17°.

Определение крупности продуктов обогащения

По характеристике крупности определяется производительность дробильных аппаратов, качество грохочения и устанавливается конечная степень дробления, необходимая для освобождения асбеста от породы.

На характеристику крупности продукта влияет процесс дробления, степень дробления, число стадий дробления, метод дробления, применение грохочения при дроблении.

Составление характеристики крупности продуктов обогащения состоит в разделении всей массы на классы, ограниченные узкими пределами крупности, с определением количественного выхода продукта в каждом классе. Такое деление на классы производится просеиванием на ситах и называется ситовым анализом.

В асбестовой промышленности применяют сита с отверстиями следующих размеров: 500; 300; 200; 150; 125; 75; 25; 20; 18; 15; 12; 6; 3; 1; 0,5; 0,25 мм.

Результаты ситового анализа могут быть даны более наглядно в графической форме (рис. 120). По оси абсцисс откладывают показатели размеров отверстий сит в миллиметрах, а по оси ординат — суммарный выход классов.

Кривая 1 показывает, что в данной руде находится примерно одинаковое количество крупных и мелких классов. Кривая 2 показывает преобладание в руде крупных классов. Кривая 3 указывает, что в руде преобладают мелкие классы.

Вогнутые кривые характерны для больших степеней дробления и дробления без предварительного грохочения, а выпуклые кривые — для малых степеней дробления.

Кривая крупности характеризует тип дробильного оборудования. Например, в щековых дробилках получают продукт, характеризующийся почти прямой линией, в валковых дробилках — выпуклой кривой, в стержневых мельницах — вогнутой кривой.

Определение влажности руды и асбеста

Влажность руды определяется путем высушивания пробы весом 1 кг при температуре 100—105° до постоянного веса.

Определение влажности волокна асбеста производится следующим образом. Пробу асбеста весом не менее 200 г, взвешенную с точностью до 0,25 г, высушивают в сушильном шкафу при температуре 100—105° до постоянного веса (до тех пор, пока разность в весе при двух последовательных взвешиваниях будет

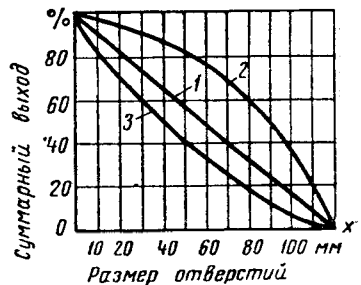


Рис. 120. Формы кривых ситового анализа

менее 0,25 г). После этого пробу взвешивают с той же точностью. Уменьшение веса навески, выраженное в процентах по отношению к ее первоначальному весу, дает влажность асбеста.

Содержание влаги в асбесте определяется по формуле

$$W = \frac{G_1 - G}{G} 100,$$

где G_1 — вес пробы до высушивания, г;

G — вес высушенной пробы, г.

Определение прочности асбеста

Для испытания прочности асбеста марок АК, ДВ и первых двух сортов асбеста механического обогащения согласно ГОСТ 7—60 берут не менее 10 агрегатов недеформированного асбеста толщиной около 1 мм, зажимают их между большим и указательным пальцами обеих рук и перегибают 10 раз на 90° в противоположные стороны, после чего подвергают плавному растяжению вручную. При этом испытываемое волокно не должно разрываться.

Разрыв пучка является показателем его ломкости. Для остальных сортов асбеста механического обогащения определение ломкости по ГОСТу не производится.

Учитывая, что прочность асбеста является важнейшим показателем его качества, при промышленной оценке асбестовых месторождений проверку качества асбеста рекомендуется производить в изделиях путем лабораторных и промышленных испытаний.

Для определения прочности асбеста может быть применен метод проф. Волковой, в основу которого положено различие адсорбционных свойств нормального, полумолого и ломкого асбеста. Сущность метода заключается в следующем. В пробирки вводится по 10 см³ 5%-ного раствора пирогалловой кислоты или танина и по 0,5 г распушенных волокон асбеста. Несколько пробирок с кислотой или танином остается без асбеста для сравнения. Все пробирки выдерживаются в течение 2 ч закупоренными и за этот период 4 раза встряхиваются. Затем содержимое пробирок фильтруется для отделения асбеста и на колориметре Дюбоска производится сравнение прозрачности растворов.

Для удобства сравнения применяется светофильтр в виде капли 3%-ного раствора бихромат-калия, помещенной между предметным и покровным стеклами.

Оценка ломкости A дается отношением $A = \frac{B}{C}$, где B — отсчет по шкале раствора сравнения; C — отсчет по шкале раствора после удаления асбеста.

Значение A , для нормального асбеста меньше 1, для асбеста пониженной прочности от 1 до 1,9 и для ломкого от 1,9 до 5—6.

Растворы кислоты буреют, а для ломких асбестов чернеют из-за выделения комплекса ионов магния, кальция и трехвалент-

ного железа с поверхности асбеста. Потемнение раствора в присутствии полуломких и особенно ломких асбестов настолько велико, что этот метод может быть использован без применения колориметра.

В практике известны и другие методы определения прочности.

Определение растворимости асбеста

Для определения кислотоупорности асбеста антофиллитового берут пробу весом 2 г, высушенную до постоянного веса, помещают в колбу емкостью 50 см³ и заливают 50 г химически чистой соляной кислоты (удельный вес 1,19), колбу подогревают на паровой бане в продолжение 4 ч, после чего содержимое колбы разбавляют дистиллированной водой и фильтруют через взвешенный фильтр, предварительно высушенный до постоянного веса при температуре 100—105°. Остаток на фильтре промывают водой до исчезновения реакции на хлор-ион, затем высушивают в сушильном шкафу вместе с фильтром при температуре 100—105° и взвешивают.

Реакция на хлор проверяется действием азотнокислого серебра. Отсутствие мутно-беловатого осадка при действии азотнокислого серебра свидетельствует о полноте промывки.

Процент растворимости определяется по формуле

$$A = \frac{[c(b - k)]}{c},$$

где c — первоначальный вес высушенной пробы, г;

b — вес высушенной пробы (после обработки кислотой) вместе с фильтром, г;

k — вес высушенного фильтра, г.

Определение сортности асбеста

Сортность волокна асбеста, а также качество волокна в руде и в концентратах определяются путем ситового анализа на контрольном аппарате (рис. 121).

Контрольный аппарат сконструирован по принципу горизонтального многоярусного качающегося грохота, имеющего четыре ящика, накладываемых один поверх другого и закрепляемых на платформе. Платформа, на которой устанавливаются ящики, одним концом с помощью тяги соединена с эксцентриковым механизмом, а другим поддерживается двумя вертикальными тягами, укрепленными на деревянной раме аппарата. Платформа приводится в движение посредством эксцентрикового вала через трансмиссию от электродвигателя мощностью 0,6 квт. Аппарат имеет автоматическое приспособление, прекращающее его работу через 2 и 5 мин работы.

Вал аппарата вращается против хода часовой стрелки, если

смотреть на аппарат со стороны механизма отключения. Эксцентриситет привода 19,8 мм, скорость вращения вала 300 об/мин.

При аппарате имеется два комплекта ящиков с внутренними размерами 620×375×90 мм, изготовленных из дерева толщиной

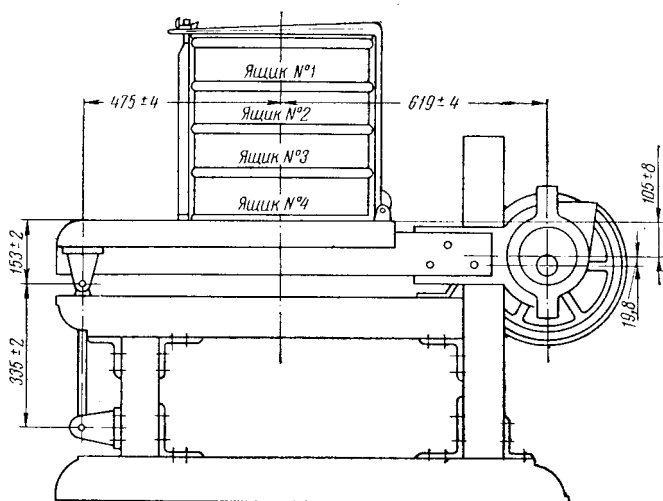


Рис. 121. Контрольный аппарат для ситового анализа волокна асбеста

15 мм. Днищами верхних трех ящиков являются стандартные сита (табл. 50), а четвертый имеет глухое днище.

Таблица 50

Характеристика сит контрольного аппарата

Первый комплект ящиков			Второй комплект ящиков		
Номер ящика	Размер отверстий сита, мм	Толщина проволоки сита, мм	Номер ящика	Размер отверстий сита, мм	Толщина проволоки сита, мм
1	12,7	2,67	1а	0,7	0,358
2	4,8	1,60	2а	0,4	0,235
3	1,35	1,19	3а	0,25	0,173
4	Сплошное дно		4а	Сплошное дно	

Точность анализа обеспечивается плавностью хода и бесшумностью работы аппарата при моментальной остановке его в период выключения.

Проведение анализа допускается только при стандартном напряжении в электросети. Отклонение напряжения от нормального

более чем на 20% приводит к искажению результатов анализа. Ситовый анализ производится следующим образом. На аппарат устанавливается первый комплект ящиков. Навеска асбеста высыпается в верхний ящик вдоль его продольной оси (без разравнивания продукта на сите рукой), ящик плотно закрывается крышкой и аппарат приводится в действие на 2 мин. Остатки на каждом сите взвешивают отдельно, чем определяют их выход по отношению к исходной навеске.

Для определения содержания пыли на аппарат ставят второй комплект ящиков. Остаток в ящике № 4 первого комплекта высыпают на I сито второго комплекта, закрывают ящик крышкой и приводят аппарат в действие на 5 мин.

Остаток в ящике № 4 (со сплошным дном) считается пылью и выражается в процентах к основной навеске пробы (500 г). В тех случаях, когда остаток в ящике № 4 первого комплекта не превышает 5%, анализа на содержание пыли не производят. Навеска асбеста и остатки на ситах взвешиваются с точностью до 1 г.

Для определения процента содержания гали в асбесте остатки волокна с сит первого и второго комплектов высыпают тонким слоем на гладкую поверхность. Выбор гали производят отдельно с каждого сита первого комплекта и вместе со всех сит второго комплекта. Из остатков на I и II ситах первого комплекта галю выбирается вручную. Из остатков на III сите первого комплекта и всех сит второго комплекта щеткой выбирают распушенное волокно. Остальной продукт для распушения оставшегося в нем игольчатого волокна слегка растирают между ладонями рук, повторяют отбор волокна щеткой и производят отсеивание распушенного волокна. Всю галю, полученную из пробы, взвешивают с точностью до 1 г. Вес гали, отнесенный к весу исходной пробы, выраженный в процентах, характеризует содержание гали в пробе.

Асбест хризотилковый VII и VIII сортов, а также асбест марки К-6-5 определяются по объемному весу. Для этого от пробы отбирают три навески весом около 1 кг каждая. Навеску сыпают по листу из оцинкованной стали (рис 122) размером 250×200 мм, поставленному под углом 60° к плоскости стола, в тонкостенный металлический цилиндр диаметром 88 мм и вместимостью 1000 мл. Расстояние нижнего края листа от цилиндра 50 мм. После наполнения цилиндра излишек асбеста снимается ножом на уровне

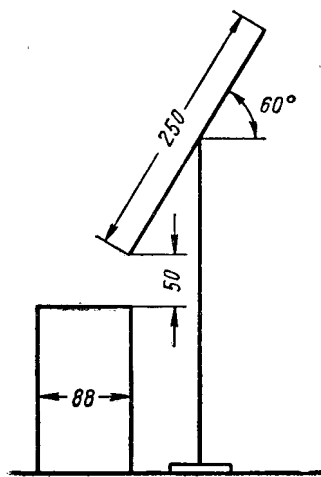


Рис. 122. Прибор для определения объемного веса VII и VIII сортов асбеста

края цилиндра. Затем содержимое цилиндра взвешивается с точностью до 1 г; среднее арифметическое из трех полученных результатов принимается за объемный вес.

Определение качественных показателей кускового асбеста

Длина волокна кускового асбеста определяется путем измерения волокон пробы линейкой с точностью до 0,5 мм.

Для определения содержания иголок и распущенного волокна берут три навески по 500 г, взвешенные с точностью до 1 г и из них вручную отбирают куски асбеста. Из оставшейся части пробы отбирают иголки, оставляя распущенное волокно. Куски асбеста, иголки и распущенное волокно взвешивают в отдельности и определяют процентное содержание каждого вида волокна по отношению к исходной пробе. За результат принимают среднеарифметическое из трех определений.

Определение текстуры товарного асбеста

Из опробуемой продукции берут три навески по 100 г каждая, взвешенные с точностью до 1 г, и подвергают их анализу в аппарате (рис. 123). Аппарат состоит из трех узлов:

конусного барабана-разрыхлителя 1 с механизмом для изменения угла наклона. Внутри барабана вдоль его образующей имеются две планки. Размеры барабана: больший диаметр 220 мм, меньший 160 мм, длина 202 мм, скорость вращения 74 об/мин;

плоского качающегося питателя 2 длиной 400 мм, шириной 180 мм, с углом наклона 4°, скоростью вращения вала питателя 390 об/мин;

вращающегося столика 3 с мерным стеклянным цилиндром; скорость вращения столика 7 об/мин, емкость цилиндров 2000 или 1000 мл при цене одного деления 20 мл.

Все три узла через промежуточный вал и ременную передачу приводятся в движение от одного электродвигателя мощностью 0,25 квт при скорости вращения вала 1400 об/мин.

Проба, предварительно слегка разрыхленная вручную, помещается совком в разрыхлитель ближе к его задней стенке. Затем барабан закрывается крышкой и включается электродвигатель. По истечении 10 мин аппарат останавливается, с него снимается крышка

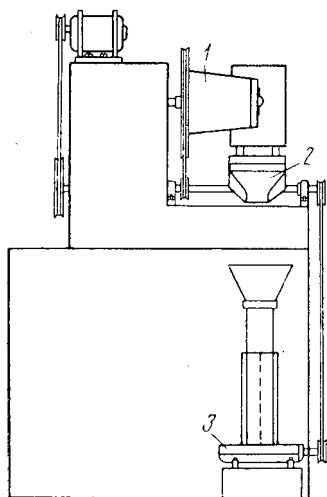


Рис. 123. Аппарат для определения текстуры волокна

и он вновь приводится в действие, причем барабану придается угол 4° . При этом проба медленно высыпается из барабана на питатель, а с последнего в мерный цилиндр.

Верхний слой асбеста в цилиндре осторожно выравнивается с помощью картонного кружка, опускаемого горизонтально в цилиндр; диаметр кружка на 2 мм меньше внутреннего диаметра цилиндра.

Жестяная воронка для цилиндра имеет следующие размеры: диаметр 220 мм, высота конуса 200 мм, длина хвоста 50 мм, наружный диаметр хвоста 70 мм. За текстурный показатель принимается объем, определяемый с точностью до 10 мл, занимаемый в цилиндре ста граммами асбеста (среднее арифметическое из трех параллельных показателей). Более распушенное волокно имеет больший текстурный показатель, чем волокно полужесткой и жесткой текстуры.

Глава XXIV

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Результаты работы фабрик определяются по фактическим показателям, полученным за определенное время (смена, сутки, месяц, год).

Каждой фабрике планируются следующие показатели: количество руды, подлежащей переработке; процент содержания асбеста в руде (лабораторный, расчетный); качество волокна в руде (ситовый состав); средняя запыленность готовой продукции; степень извлечения; содержание асбеста в хвостах; расход топлива, электроэнергии и т. д.

Определение технологических показателей работы фабрики производится по данным лабораторных анализов. Необходимо отметить, что в принятой методике расчета технологических показателей имеется ряд допущений, что обуславливает неточность получаемых результатов. На точность результатов отрицательно влияет заниженное содержание асбеста в исходной руде и хвостах по сравнению с содержанием асбеста в готовой продукции за счет того, что при лабораторных анализах не учитывается волокно асбеста крупностью $-0,5+0,25$ мм, т. е. короче волокна VI сорта, часть которого в процессе обогащения остается и учитывается в готовой продукции.

Расчетное содержание асбеста в руде (α_p) определяется по конечным результатам обогащения как отношение количества чистого асбеста в готовой продукции шести сортов и в хвостах обогащения к количеству переработанной руды.

Как указывалось выше, волокно в VII и VIII сортах условно в расчет не принимается, хотя общее количество этих сортов учитывается как готовая продукция.

Пример:

переработано руды $T_p = 1200 \text{ м}$;

выработано продукции всего по шести товарным сортам $Q = 75 \text{ м}$;

содержание асбеста в шести сортах $\beta_{\text{конц}} = 88\%$;

выработано VII сорта $Q_1 = 22,5 \text{ м}$;

содержание асбеста в хвостах $\beta_{\text{хв}} = 0,76\%$.

При этом количество хвостов составляет

$$T_{\text{хв}} = T_p - (Q + Q_1) \text{ или } 1200 - (75 + 22,5) = 1102,5 \text{ м.}$$

Тогда расчетное содержание асбеста в руде равно

$$\alpha_p = \frac{\beta_{\text{конц}}Q + \beta_{\text{хв}}T_{\text{хв}}}{T_p} \text{ или } \frac{88 \cdot 75 + 0,76 \cdot 1102,5}{1200} = 6,2\%$$

Расчетный коэффициент на лабораторное содержание асбеста в руде K_p представляет собой отношение расчетного количества асбеста в готовой продукции по шести сортам и в хвостах к количеству асбеста в исходной руде по лабораторным данным.

Пример:

переработано сухой руды $T_p = 1100 \text{ м}$;

лабораторное содержание асбеста в руде $\alpha_d = 3,2\%$;

выработано продукции по шести сортам $Q = 60 \text{ м}$;

содержание асбеста в хвостах $\beta_{\text{хв}} = 0,7\%$;

выработка VII сорта $Q_1 = 20 \text{ м}$;

содержание асбеста в шести сортах $\beta_{\text{конц}} = 89\%$.

При этом количество хвостов составит

$$T_{\text{хв}} = T_p - (Q + Q_1) = 1100 - (60 + 20) = 1020 \text{ м.}$$

Тогда расчетный коэффициент на лабораторное содержание в руде равен

$$K_p = \frac{Q\beta_{\text{конц}} + T_{\text{хв}}\beta_{\text{хв}}}{T_p\alpha_d} = \frac{60 \cdot 89 + 1020 \cdot 0,7}{1100 \cdot 3,2} = 1,4.$$

На действующих фабриках этот коэффициент имеет величину от 1,4 до 1,9.

Средняя запыленность готовой продукции (П) подсчитывается по результатам ситового анализа на контрольном аппарате шести сортов товарного асбеста и представляет собой отношение средне-взвешенного количества пыли во всей продукции к весу всей продукции.

Пример. Выработано сортов:

II сорт	.....	$Q_1 = 0,5 \text{ м}$
III "	.....	$Q_2 = 10,0 \text{ м}$
IV "	.....	$Q_3 = 9,5 \text{ м}$
V "	.....	$Q_4 = 30,0 \text{ м}$
VI "	.....	$Q_5 = 25,0 \text{ м}$
Итого . . .		$Q = 75 \text{ м}$

Содержание пыли в сортах:

II сорт	$P_1=0,0\%$
III "	$P_2=3,0\%$
IV "	$P_3=5,0\%$
V "	$P_4=12,0\%$
VI "	$P_5=18,5\%$

При этом количество пыли (P) во всех сортах равно

$$P = \frac{(Q_1 P_1) + (Q_2 P_2) + (Q_3 P_3) + (Q_4 P_4) + (Q_5 P_5)}{100} =$$

$$= \frac{(0,5 \cdot 0,0) + (10 \cdot 3) + (9,5 \cdot 5) + (30 \cdot 12) + (25 \cdot 18,5)}{100} = 9 \text{ м.}$$

Тогда средняя запыленность сортов равна

$$P = \frac{P}{Q} 100 = \frac{9}{75} 100 = 12\%.$$

Извлечение асбестового волокна. Показатель извлечения является основным при оценке эффективности работы обогатительных фабрик.

Извлечение асбеста ϵ подсчитывается как отношение количества асбеста в готовой продукции по шести сортам к количеству асбеста в исходной руде по расчетным данным.

Пример: переработано руды $T_p=1400\text{м}$;
 выработано продукции по шести сортам $Q=90\text{ м}$;
 содержание асбеста в шести сортах $\beta_{\text{конц}}=88\%$.
 выработано VII сорта $Q_1=30\text{ м}$;
 содержание асбеста в хвостах $\beta_{\text{хв}}=0,75$.
 При этом количество хвостов составляет

$$T_{\text{хв}} = T_p - (Q + Q_1) = 1400 - (90 + 30) = 1280 \text{ м.}$$

Тогда извлечение асбеста составит

$$\epsilon = \frac{Q \beta_{\text{конц}}}{Q \beta_{\text{конц}} + T_{\text{хв}} \beta_{\text{хв}}} 100 = \frac{90 \cdot 88}{90 \cdot 88 + 1280 \cdot 0,75} 100 = 89,2\%.$$

Инж. М. Г. Шорникова разработала график зависимости между расчетным содержанием асбеста в руде, содержанием асбеста в готовой продукции и извлечением. Номограмма извлечения (рис. 124) позволяет с большой точностью ($\pm 0,05\%$) определять одну из трех величин по двум известным. Приведенная номограмма разработана из расчета содержания асбеста в выработке 80—90%.

Для практического руководства составляется несколько таких номограмм на сравнительно узкий диапазон содержания асбеста в готовой продукции.

Поправочный коэффициент на лабораторное содержание в руде волокна I или II сита контрольного аппарата представляет собой отношение количества волокна, остающегося на I или II сите

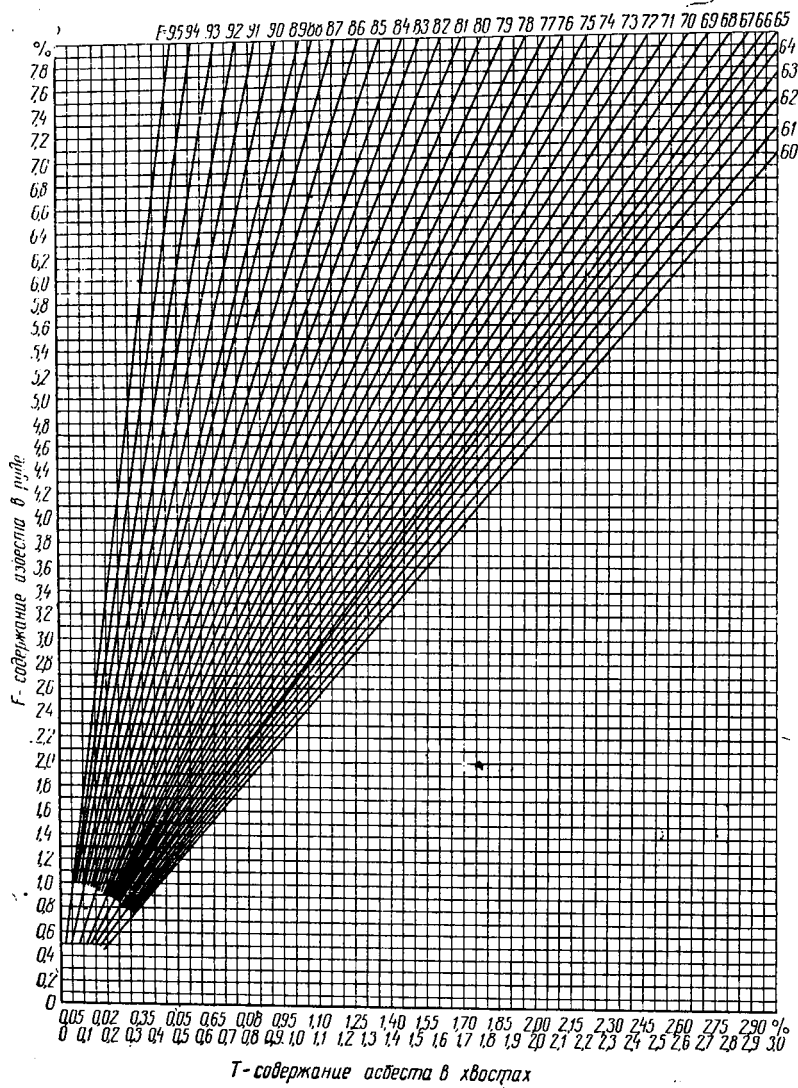


Рис. 124. Номограмма извлечения асбеста

контрольного аппарата в готовой продукции, к количеству этого же волокна в исходной руде по лабораторным данным.

Пример. В переработанной руде по анализу было волокна II сита контрольного аппарата $c=2,8$ т; в выработанной продукции оказалось по анализу волокна II сита контрольного аппарата (во всех сортах) $c_1=11,94$ т.

Тогда

$$K_c = \frac{c_1}{c} = \frac{11,94}{2,8} = 4,3.$$

Количество переработанной руды. В тех случаях, когда поступающая в цех руда не взвешивается, количество переработанной руды может быть определено по конечным результатам обогащения.

Для этой цели применяется формула, которая выведена из следующих условий: известно, что извлечение подсчитывается по формуле

$$\varepsilon = \frac{100Q\beta_{\text{конц}}}{T_p\alpha_l} = \frac{100\beta_{\text{конц}}(\alpha_l - \beta_{\text{хв}})}{\alpha_l(\beta_{\text{конц}} - \beta_{\text{хв}})}.$$

Из приведенного уравнения определяется количество переработанной руды:

$$T_p = \frac{Q(\beta_{\text{конц}} - \beta_{\text{хв}})}{\alpha_l - \beta_{\text{хв}}}, \text{ т.}$$

Так как практически лабораторное содержание асбеста в руде оказывается заниженным, то при подсчете количества переработанной руды в формулу вводится расчетный коэффициент на лабораторное содержание асбеста в руде.

Пример: лабораторное содержание асбеста в руде $\alpha_l=4\%$;
содержание асбеста в готовой продукции $\beta_{\text{конц}}=85\%$;
содержание асбеста в хвостах $\beta_{\text{хв}}=0,8\%$;
выработано сортов $Q=100$ т.

Тогда

$$T_p = \frac{Q(\beta_{\text{конц}} - \beta_{\text{хв}})}{\alpha_l K_p - \beta_{\text{хв}}} = \frac{100(85 - 0,8)}{4 \cdot 13 - 0,8} = 1913 \text{ т.}$$

Расход руды на тонну готовой продукции подсчитывается как отношение веса сырой руды, переработанной цехом обогащения, к весу выработанной продукции по семи сортам.

Пример: переработано сухой руды $T_p=294\,000$ т;
влажность руды до сушки $W=3,8\%$;
влажность руды после сушки $W_1=1,8\%$;
выработка продукции $Q=20\,000$ т.

При этом количество переработанной сырой руды равно

$$100 - (W - W_1) = 100 - (3,8 - 1,8) = 98\% .$$

Тогда количество сырой руды равно

$$\frac{294\,000 \cdot 100}{98} = 300\,000 \text{ т} .$$

Расход сырья на тонну продукции равен $300\,000 : 20\,000 = 15 \text{ т}$.

Расход топлива подсчитывается на тонну просушенной руды и на тонну испаренной влаги.

Пример: поступило руды в сушку $T_p = 400 \text{ т}$;
содержание влаги в руде до сушки $W = 5\%$;
содержание влаги в руде после сушки $W_1 = 1,8\%$;
израсходовано топлива $1,6 \text{ т}$.

Тогда расход топлива на тонну просушенной руды $1,6 : 400 = 0,004 \text{ т}$, или 4 кг ;
расход топлива на тонну испаренной влаги: усушка руды составила $5 - 1,8 = 3,2\%$,
что в тоннах дает $\frac{400 \cdot 3,2}{100} = 12,8 \text{ т}$, тогда расход топлива составит $1,6 : 12,8 = 0,125 \text{ т}$
или 125 кг .

Глава XXV

ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ И ОТВАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО ФАБРИК

При обогащении асбестовых руд сухим способом почти все операции сопровождаются пылеобразованием и пылевыделением. Это обстоятельство обуславливает необходимость принятия мер по предупреждению распространения пыли в рабочих помещениях и на территории фабрик. По химическому составу эта пыль содержит приблизительно:

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= 37-39,5\%; \text{MgO} = 32-36,2\%; \text{Al}_2\text{O}_3 = 1,6-4,5\%; \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 6,0-9,6\%; \text{CaO} = 1,7-2,6\%. \end{aligned}$$

По данным Свердловского института гигиены труда и профзаболеваний (СИГТ и ПЗ), пыль различных цехов неоднородна. В цехах ДСК пыль состоит из более крупных частиц волокна и породы, чем пыль цеха обогащения. Пыль цеха обогащения является более однородной по составу и наиболее вредной для здоровья. Однако разница столь незначительна, что оказывается возможным применение во всех цехах одинаковых мероприятий для предупреждения распространения пыли. В принципе все эти мероприятия делятся на две основные группы: герметизация всего основного и вспомогательного оборудования и аспирация, т. е. создание под герметическими укрытиями некоторого разрежения запыленного воздуха (2—10 мм вод. ст.) для предотвращения выделения его в рабочее помещение.

Санитарными нормами ($N=101-54$) установлено предельно допустимое содержание пыли в воздухе производственных помещений 2 мг/м^3 .

Выпуск в атмосферу запыленного воздуха разрешается лишь при условии, если концентрация пыли в нем не превышает 100 мг/м^3 . С этой целью либо объединяют запыленный воздух отдельных систем в коллекторы для подачи в общие пылеосадительные устройства, как это имеет место в цехах обогащения, либо применяют индивидуальные очистные устройства для каждой системы в отдельности или небольшой группы систем, как это делается в ДСК.

Очистка воздуха от пыли осуществляется:

путем действия силы тяжести и центробежной силы, развивающейся в пылеулавливателе (циклон);

осаждением частиц пыли под действием силы тяжести из воздушного потока (пылеосадительные устройства);

задержанием пыли на поверхности пористых материалов, через которые пропускается запыленный воздух (фильтры);

осаждением взвешенных в воздухе частиц на электродах электрофильтров.

На качество работы пылеулавливающих устройств влияет много факторов, основными из которых являются содержание влаги, гранулометрический состав, физико-химические свойства пыли, степень запыленности очищаемого воздуха и т. д.

Запыленный воздух систем отсасывания и аспирации, содержащий пыли $10-12 \text{ г/м}^3$, направляется на очистку в пылеосадительные устройства и фильтры.

Пылеулавливающие устройства являются одним из важнейших объектов в комплексе промышленных сооружений современных асбестообогатительных фабрик.

На современных фабриках общее количество воздуха, поступающего на очистку, достигает $1,5-2$ млн. $\text{м}^3/\text{ч}$ и более, в том числе до 30% от аспирационных систем. Наиболее простым и несовершенным способом очистки воздуха от пыли является осаждение ее в пылеосадительных камерах. Пылеосадительные камеры сооружаются двух типов: продольного и поперечного. Камеры продольного типа отличаются тем, что длина их больше ширины. В камерах поперечного типа скорость движения воздуха в несколько раз меньше, чем в камерах продольного типа.

Конструктивно пылеосадительные камеры представляют собой здания довольно больших объемов с поперечными и продольными размерами, обеспечивающими необходимую для осаждения пыли скорость движения в них воздуха.

Для разгрузки уловленной пыли и асбестового волокна нижняя часть камеры изготавливается в виде бункеров-воронок, в которые осаждается волокно и пыль, поступающие затем на герметичные конвейеры.

Камеры поперечного типа иногда устраивают для предвари-

тельной очистки воздуха перед поступлением его в фильтры (шпательные, электрические).

Пылеосадительные сооружения устанавливаются за цехом обогащения с учетом розы ветров данной местности для того, чтобы избежать возвращения выбрасываемого из них воздуха в производственные помещения. Близость этих устройств к цеху обога-

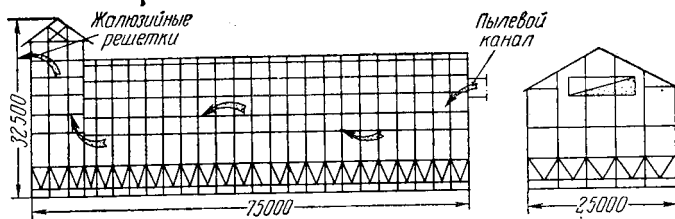


Рис. 125. Пылеосадительная камера

щения обусловлена также необходимостью уменьшения длины выхлопных труб или каналов.

Каналы, в свою очередь, связаны с трубами от вентиляторов, подающих запыленный воздух из циклонов. При наличии двух или более каналов скорость воздуха в них должна быть одинаковой.

Для лучшего осаждения пыли внутри камеры устраиваются перегородки (рис. 125), отбойные щиты или распределительные решетки. Они располагаются таким образом, чтобы создать лабиринтное движение воздуха с переменным потоком в вертикальном (рис. 125) или в горизонтальном направлении (продольный тип).

К. п. д. камер находится в пределах 48—86,5% в зависимости от их размеров и производительности. Сопротивление, создаваемое камерой при прохождении воздушного потока, составляет от 2 до 14 мм вод. ст. Оно зависит от скорости воздуха и типа устанавливаемых отбойных щитов.

Количество продукта, улавливаемого камерой, составляет 2—4% количества руды, переработанной на фабрике.

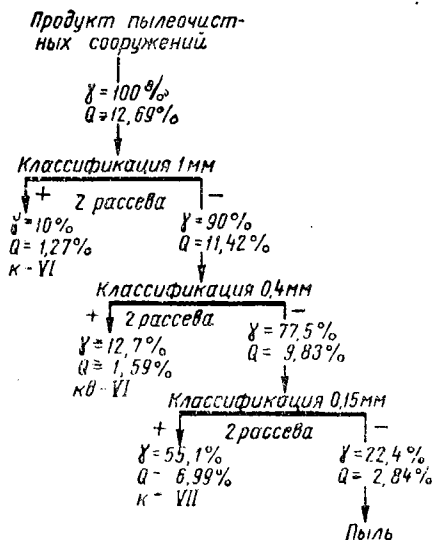


Рис. 126. Схема обогащения продуктов пылеосадительной камеры

Среднее содержание асбеста в продуктах пылесадительных камер с учетом его длины до 0,5 мм составляет 8—10%, а с учетом длины волокна до 0,25 мм 30—40%.

В процессе осаждения пыли и асбеста в камерах происходит воздушная классификация улавливаемого продукта; в первых рядах бункеров (по ходу воздушного потока) осаждаются наиболее крупное волокно и галя, а в последующих — более мелкое. Из продуктов первых рядов бункеров после их обработки получают товарный асбест VI и VII сортов.

На рис. 126 приведена принципиальная схема обработки продуктов пылесадительной камеры.

Размеры пылевой камеры могут быть приближенно подсчитаны по формулам:

$$S_k = \frac{Q}{v}, \text{ м}^2,$$

где S_k — сечение камеры, м^2 ;

Q — количество воздуха, проходящего через камеру, $\text{м}^3/\text{сек}$;

v — скорость движения воздуха в камере, $\text{м}/\text{сек}$.

Средняя скорость в камерах принимается: для камер продольного типа 0,4—0,5 $\text{м}/\text{сек}$, для камер поперечного типа 0,25—0,3 $\text{м}/\text{сек}$.

Приняв высоту камеры h , можно вычислить ширину камеры b :

$$b = \frac{S_k}{h} = \frac{Q}{vh}, \text{ м}.$$

Длина камеры принимается для продольного типа в 3 раза больше ширины, т. е.

$$l = 3b \text{ или } l = \frac{3Q}{vh}, \text{ м}.$$

Для поперечного типа $l = 0,625$ или $l = \frac{0,625}{vh}, \text{ м}$.

По данным Л. А. Глушкова, размеры пылесадительных камер можно рекомендовать для камер продольного типа $\frac{h}{b} \approx 0,69$;

$$\frac{h}{l} = 0,225.$$

Средняя скорость воздуха в камере принимается $v = 0,48 \text{ м}/\text{сек}$. Для камер поперечного типа

$$\frac{h}{v} = 0,225, \quad \frac{h}{l} = 0,4.$$

Средняя скорость воздуха $v = 0,244 \text{ м}/\text{сек}$.

Установлено, что воздух, выходящий из пылесадительных камер, содержит от 1,5 до 2,5 $\text{г}/\text{м}^3$ пыли, состоящей на 80—90% из

частиц крупностью менее 5 мк и является дополнительным источником запыленности воздуха как производственных помещений, так и близлежащей территории. Поэтому этот воздух подвергается второму приему очистки.

До изучения вопроса возможности применения электрофильтров для пылеулавливания из воздуха на некоторых фабриках для очистки воздуха применялись шпигатные фильтры.

Однако электрофильтры обеспечили столь высокие технологические показатели, что применение шпигатных фильтров оказалось нерациональным. Применение электрофильтров исключает надобность в предварительной очистке воздуха в пылеосадительных камерах, что значительно упрощает всю установку пылеулавливающих устройств.

В настоящее время в асбестовой промышленности применяют

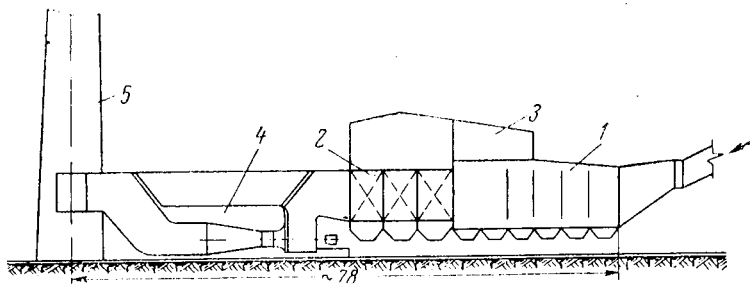


Рис. 127. Пылеосадительная камера с электрофильтрами:
1 — электрофильтры, 2 — перегородки, 3 — здание пылеосадительной камеры, 4 — вентилятор, 5 — вытяжная труба

горизонтальные трехпольные электрофильтры с двумя самостоятельными секциями типа АГП-72 (асбестовый, горизонтальный, прутковый, с активной площадью 72 м²).

Схема установки электрофильтров в пылеосадительной камере приведена на рис. 127.

Для питания электрофильтров выпрямленным пульсирующим током высокого напряжения применяется стандартный электроагрегат типа АФ-18 (рис. 128). Электроагрегат состоит из трех основных частей: силового повысительного трансформатора *Тр*, механического высоковольтного выпрямителя *В* и щита управления. Мощность его 18 *кв*.

Ток высокого напряжения (47—90 *кв*) от электроагрегатов поступает на коронирующие электроды электрофильтра, которые излучают разряд (короны) и заряжают электричеством частицы пыли, проходящие через электрофильтр. Под влиянием электрических зарядов пыль собирается на осадительных заземленных электродах.

Скорость воздуха в электрофильтре около 1,5 *м/сек*. Длина

каждого электрополя 3,5 м. Продолжительность пребывания воздуха в электрическом поле около 7 сек.

Для очистки осадительных электродов от осевшей на них пыли устанавливаются механизмы встряхивания, включаемые периодически; электроды разных полей встряхиваются неодновременно. Падающая при этом с электродов пыль подхватывается потоком воздуха и улавливается в следующем по движению воздуха электрическом поле.

Вынос пыли в атмосферу при встряхивании третьего поля не-

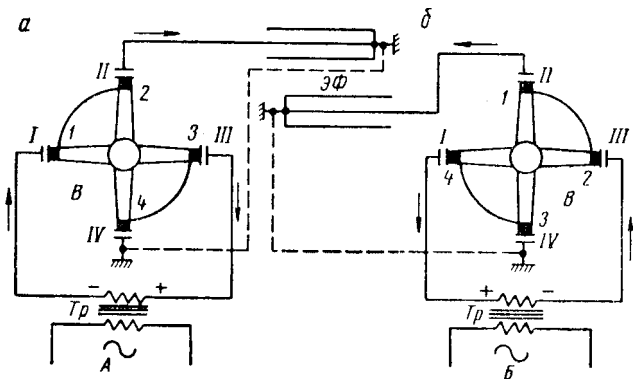


Рис. 128. Схема выпрямления однофазного переменного тока:

а — первая четверть оборота крестовины. *б* — вторая четверть оборота крестовины. 1, 2, 3, 4 — концевые щетки крестовины; I, II, III, IV — неподвижные щетки. Тр — трансформатор, ЭФ — электрофильтр

значителен, так как встряхивание электродов — процесс кратковременный, происходящий 2—3 раза в смену.

Коэффициент очистки запыленного воздуха в электрофильтрах достигает 0,97—0,99. Воздух после очистки в электрофильтрах, имеющий содержание пыли 40—80 мг/м³, выбрасывается в атмосферу через трубы высотой 80—100—120 м. Существенным недостатком электрофильтров является образование под влиянием электроразряда высокого напряжения в проходящем через них воздухе высокого содержания озона и различных окислов азота. Окислы азота вредны для человека, а поэтому даже при более полной очистке отработанного воздуха от пыли возврат этого воздуха в рабочие помещения фабрик недопустим.

Для преодоления сопротивлений пылеочистных сооружений и обеспечения надежной работы пневмотранспортных и аспирационных систем после пылеочистных устройств рекомендуется устанавливать специальные напордобавочные вентиляторы. Благодаря им основная система пылеочистных сооружений работает под разрежением, что улучшает санитарно-гигиенические условия труда в рабочих помещениях.

Кроме рассмотренных способов очистки воздуха на асбестообогащительных фабриках применяется также очистка воздуха в рукавных фильтрах, устанавливаемых в цехах крупного и среднего дробления для отдельных пневмосистем, преимущественно аспирационных. Рукавные фильтры обеспечивают достаточную очистку воздуха, выпускаемого в атмосферу. К. п. д. фильтра достигает 99,5%.

Рукавный фильтр (рис. 129) с автоматическим механическим встряхиванием и обратной продувкой фильтровальной ткани (МФУ) конструкции завода им. Воробьева состоит из следующих основных частей: корпуса *А*, представляющего собой камеру и бункер для пыли, разделенный на несколько секций; фильтровальной поверхности *Б* (из 18 рукавов в секции); крышки камеры *В*, на которой устанавливаются клапаны, а также устройства для встряхивания и автоматического управления приводом.

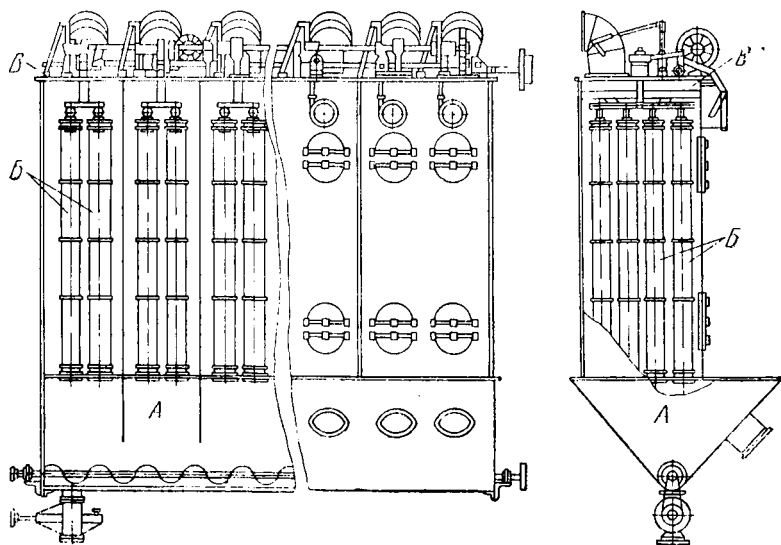


Рис. 129. Рукавный фильтр

Для обратной продувки фильтровальной ткани устанавливается вентилятор.

Запыленный воздух подается по воздухопроводу *8* в нижнюю часть фильтра и проходит внутрь рукавов, фильтруется через ткань рукавов и очищенный выбрасывается наружу. Через определенные промежутки времени (5—10 мин) одна из секций фильтра автоматически переключается распределительным механизмом в положение, при котором доступ запыленного воздуха в эту секцию прекращен. Вентилятором через открытый клапан подается под давлением воздух для продувки рукавов в направлении, обратном ходу запыленного воздуха.

Продуваемый воздух, пройдя ткань рукавов, поступает во входной воздухопровод и распределяется по остальным секциям фильтра, находящимся в рабочем положении.

Одновременно с продувкой происходит встряхивание рукавов специальным механизмом.

Удаляемая из рукавов пыль поступает в бункер, из которого она выгружается через шлюзовую затвор.

Техническая характеристика фильтров МФУ приведена в табл. 51.

Таблица 51

Техническая характеристика фильтров МФУ

Число рукавов	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Вес, кг	Поверхность фильтровальной ткани, м ²
16	1318	1685	4704	900	19,2
24	2491	1685	4568	1490	28,8
32	2612	1685	4568	2250	38,4
48	3690	1685	4568	2850	57,6

Характеристика отходов фабрик

В процессе обогащения асбестовой руды получают хвосты (отходы), количество которых достигает 90—93%.

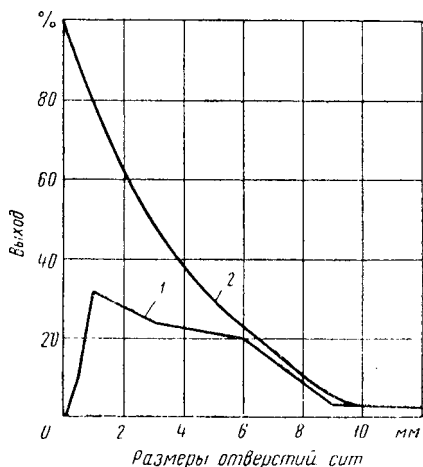


Рис. 130. Характеристика крупности хвостов основного потока:
1 — частный выход, 2 — суммарный выход

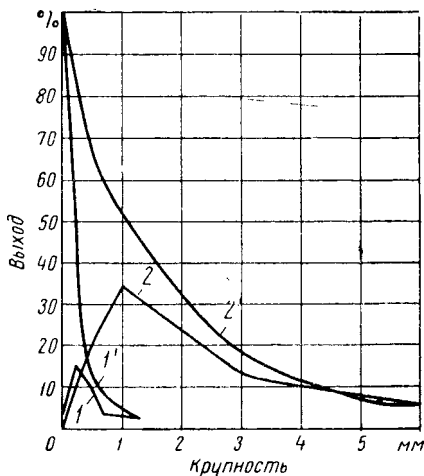


Рис. 131. Характеристика крупности хвостов перечистного потока:
1 — хвосты обеспыливающих аппаратов (частный выход), 1' — хвосты обеспыливающих аппаратов (суммарный выход), 2 — хвосты перечистных грохотов (частный выход), 2' — хвосты перечистных грохотов (суммарный выход)

Основную массу отходов составляют хвосты последних стадий обогащения, на долю которых приходится 75—85%. Характеристика крупности указанных отходов одной из асбестообогатительных фабрик представлена кривыми на рис. 130.

В минералогическом отношении отходы в основном состоят из серпентинита с прожилками коротковолокнистого асбеста и магнетита. Отходы перечистного потока составляют в среднем 13—15% исходной руды и состоит из просевов обеспыливающих аппаратов и перечистных грохотов.

Количество просевов обеспыливающих аппаратов, имеющих размер отверстий сит 0,5—1 мм, составляет 4—8%, а выход отходов, получаемых с перечистных грохотов (размер отверстий сит 1,5 мм), составляет 7—8%.

Гранулометрический состав отходов обеспыливающих аппаратов и перечистных грохотов характеризуется кривыми, представленными на рис. 131. Среднее содержание асбеста (коротковолокнистого) в просевах обеспыливающих аппаратов находится в пределах 1,5—3%, в том числе свободного волокна 1—2%, а среднее содержание в отходах перечистных грохотов составляет 1—2,5%, в том числе свободного волокна 0,5—1%.

Указанные отходы в основном состоят из серпентинита с тонкими просечками жилок коротковолокнистого асбеста и магнетита, а также оливина и др.

На действующих фабриках отходы обычно объединяются на одном конвейере и имеют примерно характеристику крупности, приведенную в табл. 52.

Таблица 52

Характеристика крупности отходов

Класс, мм	Выход, %	Содержание свободного волокна, %
+9	3—5	—
—9+6	12—15	—
—6+3	20—15	0,3—0,5
—3+1	20—25	1,5—2,0
—1	35—40	0,2—0,3

Использование отходов фабрик

Хвосты обогащения асбестовых фабрик представляют собой ценный продукт, который после соответствующей обработки находит широкое применение в народном хозяйстве страны.

Наличие в составе отходов некоторых строительных материалов и их низкая стоимость обуславливают большой спрос строительной и других отраслей промышленности на отходы асбестообогатительных фабрик.

В настоящее время часть отходов без дополнительной их обра-

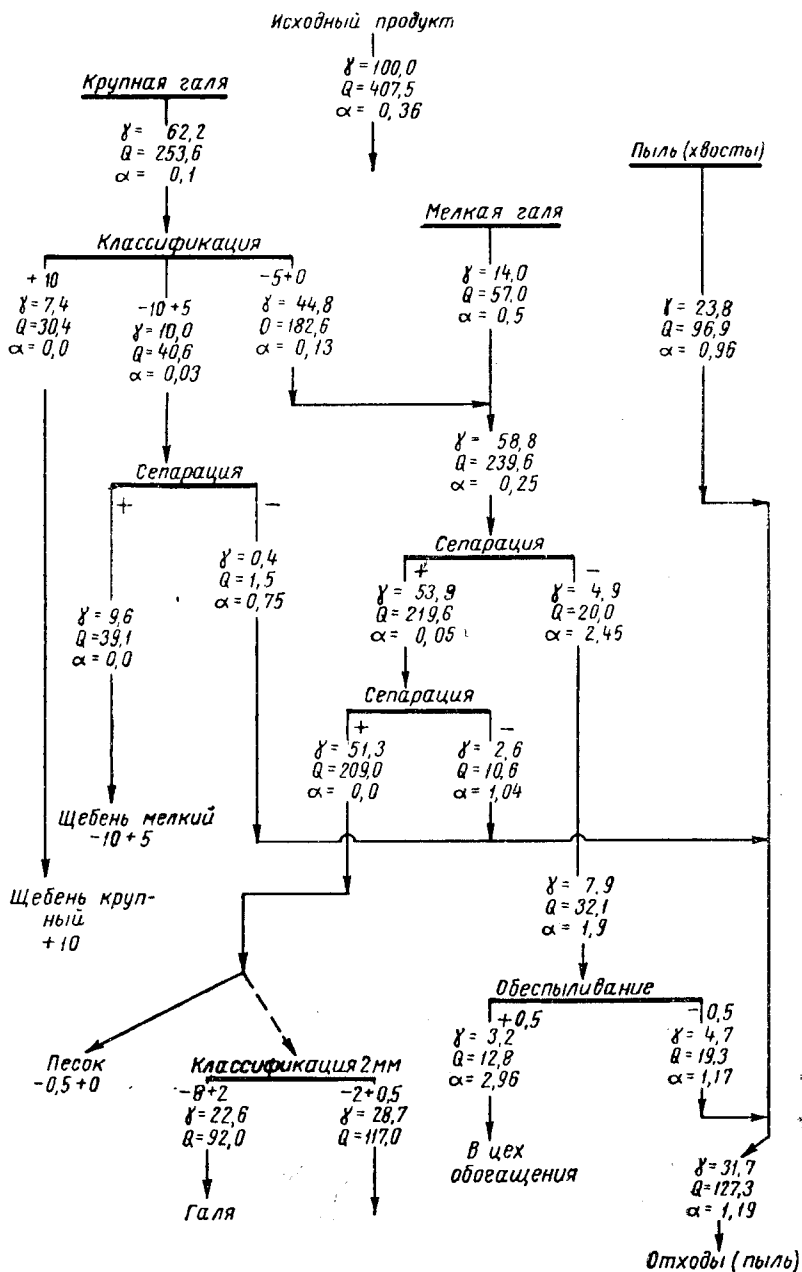


Рис. 132. Схема обработки хвостов асбестообогатительной фабрики

ботки широко применяется для балластировки железнодорожных путей.

Измельченный серпентинит при добавлении магнезита дает фостеритовый огнеупор. Мелкие фракции отходов употребляют для удобрения почвы. Кроме того, отходы фабрик используются как посыпочный материал при изготовлении бронированного рубероида и толя. Толе-рубериодная галля (ГТР) должна удовлетворять техническим условиям, приведенным ниже.

Характеристика крупности толе-рубериодной галли (ГТР)

Класс, мм	—3+2	—2+1	—1+0,5	—0,5
Выход, %	Не более 10	60—90	10—20	Не более 4

Отходы перечистного потока, состоящие из просеивов обеспыливающих аппаратов и перечистных грохотов, после соответствующей обработки могут быть использованы в качестве наполнителей портланд-цементов, которые идут на изготовление бетонных труб, штукатурки зданий и защитных покрытий металлических конструкций.

Исследованиями институтов НИИасбест и Свердловского политехнического им. С. М. Кирова установлено, что применение коротковолокнистого асбеста в бетонах делает их более водонепроницаемыми и при этом повышается техническая прочность бетона.

Добавка коротковолокнистого асбеста в бетоны уменьшает коэффициент температурного расширения бетона и сообщает последнему значительную огнестойкость.

Применение коротковолокнистого асбеста в качестве наполнителя битуминозных масс значительно повышает сопротивление последних на изгиб.

Коротковолокнистый асбест как наполнитель используется в облицовочных материалах, в вяжущих изоляционных смесях, асфальтовых покрытиях, пластмассовых изделиях и многих других материалах.

При решении вопроса использования отходов обогащения технологическая схема их классификации для выделения тех или иных товарных классов разрабатывается в зависимости от потребности в этих классах. В качестве примера может быть предложена следующая принципиальная схема, приведенная на рис. 132.

Глава XXVI

ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

На асбестообогатительных фабриках применяется диспетчерская система управления технологическим процессом. Эта система базируется на дистанционном управлении цепью аппаратов и до-

полняется производственной сигнализацией: селекторной и телефонной связью.

Телефонная связь является простейшим видом связи между диспетчером, рабочим и мастером.

При установке телефонных аппаратов, а также микрофонов и репродукторов на отдельных рабочих местах они помещаются в специальных звуконепроницаемых кабинках, надежно изолированных от фабричного шума. Количество требуемых аппаратов определяется конкретными условиями данной обогатительной фабрики в зависимости от ее производительности.

Посредством телефонной и селекторной связи рабочие отдельных участков сообщают диспетчеру все необходимые данные о работе основных агрегатов и показатели процесса, а диспетчер, в свою очередь, координирует работу отдельных цехов и переделов и поддерживает связь со смежными организациями. Кроме того, диспетчер ведет учет всех показателей работы фабрики. Телефонная связь применяется совместно с производственной сигнализацией.

Производственная сигнализация заключается в передаче сообщений диспетчеру и получении от него распоряжений с помощью специальных сигналов. Характер сигналов и порядок их подачи устанавливается специальной инструкцией. Сигналы должны быть хорошо слышны и ясно различимы на участке, куда они подаются.

Применение дистанционного управления агрегатами дает возможность сосредоточить в одних руках не только контроль за процессом, но и управление им. При дистанционном управлении основное оборудование всех цехов фабрики связывается между собой — блокируется. Автоблокировка необходима для предотвращения завалов оборудования, которые могут возникнуть в случае остановки какого-нибудь аппарата в технологической цепи. Остановка любого из агрегатов основного потока при наличии автоблокировки влечет за собой остановку всей цепи производственного оборудования, стоящего перед остановившимся агрегатом, кроме дробильных машин.

Система автоблокировки должна находиться все время в рабочем состоянии, и шунтирование оборудования из-за неисправности в цепи автоблокировки не рекомендуется.

В целях обеспечения быстрого пуска цепи аппаратов, включенных в блокировку; но находящихся на разных этажах, применяется сигнализация. При наличии дистанционного управления с диспетчерского пункта пусковая аппаратура снабжается реле времени. На диспетчерском пункте оборудуется пульт, указывающий состояние основного оборудования и заблокированной цепи.

ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

На асбестообогащительные фабрики распространяются все основные правила техники безопасности и охраны труда, принятые для промышленных предприятий.

Основной особенностью асбестообогащительных фабрик является значительное выделение пыли в процессе обогащения и большой выброс запыленного воздуха в атмосферу. В процессе дробления, транспортирования и обогащения асбеста выделяется значительное количество тонкой пыли, концентрация которой в воздухе при отсутствии профилактических мер может достигать 1000 мг/м^3 . В целях снижения запыленности воздуха в корпусах фабрик и за их пределами на фабриках проводится ряд мероприятий. Основой уменьшения пылеобразования является полная герметизация всего пылеобразующего оборудования.

Дробильные валки, конусные, молотковые и кулачковые дробилки, а также дезинтеграторы должны иметь плотные металлические кожухи, части которых соединяются с применением резиновых уплотнительных прокладок.

Желоба для загрузки и разгрузки продуктов у всех аппаратов также должны быть герметичными.

Для предупреждения пылеобразования в желобах целесообразно использовать «мигалки» конструкции СИГТ и ПЗ, устанавливаемые как шибера с противовесом. При работе аппарата вхолостую или при его остановке мигалки перекрывают желоб, при работе с нагрузкой они под действием силы тяжести падающей руды открываются на величину рудного потока, чем уменьшается излишнее пылеобразование. Для транспортирования мелких пылевидных продуктов на асбестовых фабриках применяются герметичные безроликовые конвейеры.

Вторым важным фактором в деле обеспыливания рабочих помещений является аспирация. С этой целью на фабрике устанавливаются аспирационные системы с выбросом пыли в специальные очистные устройства (пылесадительные камеры, фильтры); все основные пылеобразующие аппараты имеют отсосы, присоединяемые к магистрали аспирационной системы. Отсос запыленного воздуха из кожухов предусматривается в количествах и со скоростями, исключающими выбивание пыли из-под кожуха, но при этом соблюдается условие, чтобы с запыленным воздухом не увлекалось свободное волокно асбеста.

При расчете аспирации и конструкции укрытий грохотов учитывается нагнетательный эффект деки, а также объем воздуха, увлекаемого движением продукта на деку. Объем отсасываемого аспирационного воздуха Q от грохотов рекомендуется рассчитывать по формуле

$$Q = 540F + 4300\Sigma A, \text{ м}^3,$$

где F — площадь проекции неподвижной части кожуха укрытия деки на плоскость его деки, m^2 ;

ΣA — общая площадь всех неплотностей в кожухе укрытия, m^2 .

Отсос запыленного воздуха может производиться с помощью совмещенной аспирации. В этом случае отсутствует отдельный отсос запыленного воздуха, а скорость и объемы воздуха в воздухоприемнике технологической пневмоустановки рассчитываются так, чтобы обеспечить полное извлечение свободного волокна с грохота при взятии запыленного воздуха со всего объема деки.

Так как технологические и аспирационные системы забирают из корпуса значительное количество воздуха, то в корпусах создается разрежение и образуются сквозняки.

В целях предупреждения данного явления предусматривается организованная подача воздуха в корпуса через жалюзийные решетки.

Не меньшее значение имеет очистка производственных помещений от осевшей пыли. Для уборки пыли с полов и стен помещения, а также с оборудования и с конструкций здания может применяться пневмоуборка с помощью специальных воздухоприемников. Для очистки корпусов также может применяться и влажная уборка пыли.

В качестве индивидуальных средств защиты от пыли используются респираторы.

Особо следует отметить правила безопасности при эксплуатации электрофильтров.

Весь обслуживающий персонал должен твердо знать и точно выполнять следующие основные правила.

1. Оборудование высокого напряжения преобразовательной подстанции электрофильтров должно быть надежно защищено от прикосновений стальными сетчатыми заземленными ограждениями, монтированными отдельными ячейками для каждого агрегата, а двери ячеек работающих агрегатов закрыты на замок. Запрещается кому бы то ни было находиться внутри ограждения ячейки, когда оборудование находится под напряжением.

2. При включении агрегатов высокого напряжения нужно обязательно стоять на изолированных от земли подставках или специальных резиновых ковриках, проверенных в электролаборатории.

3. Во время работы электрофильтра все его люки должны быть закрыты и заболочены, а снаружи должны находиться предупредительные надписи: «ОПАСНО! Высокое напряжение!»

4. При остановке электрофильтров на ремонт сроком более трех дней и производстве при этом работ на питающих их агрегатах с отключением концов кабелей, подающих ток щитам управления со стороны сети, допуск к работам дежурного персонала по наряду обязателен лишь в первый день. В последующие дни допуск производится мастером участка без оформления в наряде,

после осмотра им места работ, проверки безопасности, состояния дежурного освещения и записи в журнале.

5. На производство работ по ремонту и очистке самого электрофильтра должен быть получен отдельный письменный наряд. Приступать к работам можно только на отключенном электрофильтре после надежного заземления специальным тросом наружных стоек подвеса коронирующих электродов в ячейке верхней кабельной муфты.

Следует помнить, что нельзя тотчас после выключения электрофильтра прикасаться к частям, бывшим под высоким напряжением, так как на них некоторое время сохраняются значительные заряды.

6. При производстве ремонтных работ на электроагрегате на рубильниках групповой сборки, включающих кабель щита управления агрегатом, должен быть повешен плакат: «Не включать, работают люди».

7. Запрещается работать с задней стороны щитов управления, если близко имеются части, оставшиеся под напряжением.

Глава XXVIII

ДОБЫЧА И ОБОГАЩЕНИЕ АСБЕСТА ЗА ГРАНИЦЕЙ

Добыча и обогащение асбестовых руд кроме Советского Союза производится в Китайской Народной Республике, Корейской Народно-Демократической Республике, Югославии, Канаде, США, Южно-Африканской республике, Италии, Финляндии и в других странах. На долю Канады приходится 75% всей добычи капиталистических стран.

Канадский хризотилковый асбест по своим свойствам несколько уступает асбесту Баженовского месторождения в СССР. Он имеет зеленоватый цвет, слегка просвечивает по краям, легко расщепляется на отдельные тончайшие волокна. Удельный вес асбеста 2,2—2,3. Механический способ обогащения асбестовых руд в Канаде стал применяться с 1890 г. и в принципе остался таким же по настоящее время.

Эксплуатация асбестовых месторождений Канады производится многими фирмами. По своим масштабам и значению здесь выделяется фирма «Канадиэн Джонс-Менвилл К°», филиал американской монополии «Джонс-Менвилл корп.», эксплуатирующая, в частности, крупнейший асбестовый рудник «Джеффри Майн»; видная роль принадлежит фирмам «Асбестос корпорейши лимитед», «Кери канадиэн майнз лимитед», «Лейк асбестос», «Белл асбестос майнз».

На базе рудника «Джеффри Майн» сооружена новая четырнадцатизэтажная фабрика производительностью 550 тыс. т сортового асбеста в год. На долю этого рудника приходится около 50% всей выработки асбеста в Канаде.

Руда, поступающая на фабрику, обрабатывается на 18 параллельных секциях производительностью 50—60 т/ч каждая. Высота здания фабрики 60 м, длина 132 м, ширина 100 м. На фабрике установлено новейшее оборудование по обогащению асбестовых руд и очистке отработанного воздуха.

Среди вновь осваиваемых месторождений абеста следует указать на залежи в северной части провинции Онтарио, на базе которых фирмой «Джонс-Менвилл Корп» построено крупное предприятие в «Мунро-Таунши», выпускающее асбест IV сорта.

На руднике «Нормандия», вблизи Черного озера, фирмой «Асбест корпорейшн лимитед» завершено строительство новой обогатительной фабрики с выпуском главным образом коротковолокнистого асбеста.

Компанией «Нейшенл асбестос майнз ЛТД» построена в 1958 г. новая фабрика, занимающая пятиэтажное здание.

На фабрике применена новейшая технология, позволяющая получить длиноволокнистые и коротковолокнистые сорта асбеста высокого качества.

Глава XXIX

ОБОГАЩЕНИЕ АСБЕСТОВЫХ РУД В КАНАДЕ

Обогащение рядовых руд хризотил-асбеста в Канаде производится методом отсасывания.

Работающие и строящиеся обогатительные фабрики имеют значительное различие по производительности и технологическим схемам, а также по компоновке оборудования. Процесс обогащения на большинстве фабрик сводится к следующему: руда, поступающая из карьеров или рудников, проходит подготовку в цехах крупного и среднего дробления.

Крупное дробление обычно производится в щековых дробилках размером 1220 × 1524 мм, а среднее — в конусных.

В целях разгрузки оборудования и увеличения процентного содержания асбеста в руде сопутствующая порода иногда отбрасывается с конвейеров.

Дробленный продукт после первой стадии дробления поступает на грохочение (иногда в большие барабанные грохота), причем нижний продукт направляется в сушку, а верхний — во вторую стадию дробления.

Принципиальная схема подготовки руды к обогащению приведена на рис. 133.

Сушка руды производится в барабанных сушилках и в вертикальных шахтных печах.

Крупность руды, поступающей в цех обогащения, составляет 25 мм.

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АСБЕСТООБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК В КАНАДЕ

Основным дробильным аппаратом, применяемым для вскрытия асбестового волокна в цехах обогащения, является вертикальная молотковая дробилка.

Техническая характеристика вертикальной молотковой дробилки

Основные размеры, мм:	
диаметр	1200
высота	1030
Число рядов молотков	3—4
Число молотков в ряду	4
Число рядов отражательных пальцев футеровки	6
Число пальцев в ряду	4
Скорость вращения вала дробилки, об/мин	800
Мощность электродвигателя, квт	147
Производительность по руде крупностью до 25 мм	40—75

По принципу работы эта дробилка относится к типу ударно-отражательных, она компактна и не требует специальных фундаментов.

Для обезгаливания асбестовых концентратов широкое применение имеет сепаратор «Бауэр» (рис. 136). Принцип работы сепаратора заключается в следующем.

Асбестовый концентрат поступает на распределительный диск, расположенный в центре над ситом, с которого он равномерно распределяется по сити. Воздушным потоком, поступающим снизу через отверстия сетки, волокно вовлекается в центральную отсасывающую трубу, а сопутствующая порода (галя) проваливается через сетку, имеющую 800 вибраций в минуту, и поступает в соответствующий поток процесса. Воздушный режим работы сепаратора регулируется шибером, находящимся на патрубке основной отсасывающей магистрали.

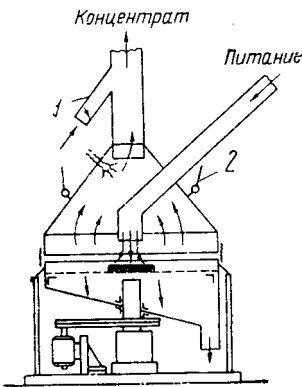


Рис. 136. Принципиальная схема устройства и работы сепаратора «Бауэр»:

1 — регулятор воздушного режима работы, 2 — подвеска

Грохочение и отсасывание

Для грохочения асбестовых руд, а также классификации концентратов за последние годы были внедрены новые конструкции грохотов. Одной из наиболее удачных конструкций является грохот типа

«Холл», имеющий в загрузочной части круговые движения, в разгрузочной — возвратно-поступательные.

Привод грохота от электродвигателя осуществляется за счет эксцентрика, смонтированного в приводной шкив грохота.

Техническая характеристика сепаратора „Бауэр“

Диаметр сита, мм	1800
Высота, мм	1850
Размер отверстий сита, мм	4—6
Диаметр питающей трубы, мм	250
Диаметр отсасывающей трубы, мм	450

Грохот имеет два сита, натянутых на самостоятельные деревянные рамы, изготовленные из брусков высотой 80 мм. С нижней стороны рамы также имеются сетки с отверстиями 35—40 мм. Между сетками в ячейках рамы помещается по три-четыре резиновых шара. При работе грохота эти шары ударяются о верхнюю сетку, обеспечивая ей хорошее встряхивание и предохраняя отверстия сита от забивания. Шары имеют диаметр от 34,7 до 50,8 мм.

Отсасывание асбестового волокна производится только с верхней сетки грохота. Далее продукт поступает на вращающийся перфорированный барабан. Расположение воздухоприемника над перфорированным барабаном позволяет отсасывать волокно из более тонкого слоя руды, так как барабан вращается с большей окружной скоростью по сравнению с возвратно-поступательным движением руды по грохосту.

Техническая характеристика грохота „Холл“

Ширина, м	1,5
Длина, м	3,2
Число рабочих сит	2
Число качений деки грохота в минуту	150—180
Угол наклона, град	4—5
Производительность, т/ч	До 60

Очистка запыленного воздуха

В Канаде внедрен новый способ очистки воздуха в рукавных фильтрах, изготовленных из специальной ткани.

Степень очистки воздуха настолько высока, что в зимнее время подогретый воздух возвращается обратно в помещение фабрики. За счет рециркуляции воздуха в холодное время года в корпусе фабрики температура воздуха поддерживается до +18°, которая создается за счет тепла, выделяемого электродвигателями, и тепла руды, поступающей в цех обогащения.

ЛИТЕРАТУРА

Арашкевич В. М. Обогащение руд цветных металлов, Металлургиздат, 1951.

Асбест как минерал и полезное ископаемое. Труды института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, вып. 31. Изд-во АН СССР, 1959.

Васильев Н. В. Транспорт и склады на обогатительных и брикетных фабриках, Госгортехиздат, 1959.

Глушков Л. А. Вентиляция и очистка воздуха на асбестообогатительных фабриках. Труды института ВНИИасбестцемент, Промстройиздат, 1957.

Глушков Л. А. Борьба с пылью на фабриках обогащения асбеста, Профиздат, 1957.

Глушков Л. А. Обеспыливание оборудования дробильно-размольных отделений, Metallurgizdat, 1957.

Кулибин В. А. Подготовка руд к плавке, Metallurgizdat, 1952.

Левенсон Л. Б. Машины для обогащения, ОНТИ, 1933.

Лященко П. В. Гравитационные методы обогащения, ОНТИ, 1935.

Меренков Б. Я. Генезис хризотил асбеста. Труды института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, вып. 22. Изд-во АН СССР, 1958.

Неметаллические ископаемые СССР, т. 1. Изд-во АН СССР, 1936.

Полькин С. И. Обогащение руд. Metallurgizdat, 1953.

Разумов К. А. Проектирование обогатительных фабрик. Metallurgizdat, 1952.

Рационализаторские предложения и технические усовершенствования в асбестовой промышленности. Промстройиздат, 1955.

Рыскин М. В. Асбест. Рынок капиталистических стран. Внешторгиздат, 1960.

Сыромятников В. Ф., Соколов М. Н., Меркурьев Н. Д., Требования промышленности к качеству минерального сырья, Асбест, Госгеол-издат, вып. 5, 1946.

Шемаханов М. М. Сушка и сушилки на обогатительных и углебрикетных фабриках. Углетехиздат, 1952.

Щедринский М. Б., Кулибин В. М. Обогащение асбеста. Промстройиздат, 1952.

Ясюкевич С. М. Обогащение руд. Metallurgizdat, 1953.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
<i>Глава I.</i> Химические и физические свойства асбеста	4
§ 1. Хризотил-асбест	—
§ 2. Амфибол-асбест	16
<i>Глава II.</i> Добыча асбестовых руд	19
<i>Глава III.</i> Термины и определения, применяемые в практике обогащения асбестовых руд	21
<i>Глава IV.</i> Технические условия на руды	27
§ 3. Руда хризотил-асбеста	—
§ 4. Руда антофиллит-асбеста	28
<i>Глава V.</i> История развития асбестовой промышленности	29
<i>Глава VI.</i> Обогащаемость асбестовых руд	30
<i>Глава VII.</i> Основные способы обогащения асбестовых руд	35
§ 5. Обогащение отсасыванием	36
§ 6. Обогащение в центробежных воздушных сепараторах	39
§ 7. Обогащение в пневматических сепараторах	40
§ 8. Обогащение на наклонных плоскостях	42
<i>Глава VIII.</i> Обогащение руд хризотил-асбеста	44
§ 9. Основные процессы и операции обогащения	—
§ 10. Обогащение рядовых руд	46
§ 11. Обогащение руд, содержащих высокосортный асбест	69
<i>Глава IX.</i> Обогащение руд антофиллит-асбеста	76
<i>Глава X.</i> Характеристика обогащенного асбеста	78
<i>Глава XI.</i> Дробильно-измельчительное оборудование	83
<i>Глава XII.</i> Сушильные аппараты	110
<i>Глава XIII.</i> Грохоты	115
<i>Глава XIV.</i> Наклонные плоскости	133
<i>Глава XV.</i> Сепараторы	135
<i>Глава XVI.</i> Оборудование пневматического транспорта	142
<i>Глава XVII.</i> Вспомогательное оборудование	157
<i>Глава XVIII.</i> Выбор и расчет технологических схем асбестообогащительных фабрик	162
<i>Глава XIX.</i> Технологические схемы обогащения рядовых руд хризотил-асбеста	166
§ 12. Дробильно-сортировочный комплекс	—
§ 13. Сушка руды	169
§ 14. Цех обогащения	173

	<i>Стр.</i>
<i>Глава XX.</i> Обогащение высокосортных руд	188
<i>Глава XXI.</i> Обогащение руды антофиллит-асбеста	189
<i>Глава XXII.</i> Контроль за технологическим процессом и расчет технологических показателей асбестообогажительных фабрик	191
<i>Глава XXIII.</i> Обработка и исследование проб	196
<i>Глава XXIV.</i> Расчет технологических показателей	207
<i>Глава XXV.</i> Пылеулавливание и отвальное хозяйство фабрик	212
<i>Глава XXVI.</i> Диспетчерское управление	222
<i>Глава XXVII.</i> Охрана труда и техника безопасности	224
<i>Глава XXVIII.</i> Добыча и обогащение асбеста за границей	226
<i>Глава XXIX.</i> Обогащение асбестовых руд в Канаде	227
<i>Глава XXX.</i> Современное оборудование асбестообогажительных фабрик в Канаде	230
Литература	232

Щедринский Михаил Борисович, Волегов Александр Вячеславович,
Мюллер Эдуард Карлович
Обогащение асбестовых руд

Отв. редактор *Н. А. Горшколепов*
Редактор издательства *Л. А. Романова*
Переплет художника *Ю. К. Бажнова*
Техн. редакторы *А. Сабитов* и *Г. М. Ильинская*
Корректор *Н. И. Меренкова*

Сдано в набор 10/IV 1962 г.
Подписано в печать 30/V 1962 г.
Формат бумаги 60×90¹/₁₆
Печ. л. 14,75 Уч.-изд. л. 14,35 Тираж 3000 экз.
Т-06437 Изд. № 200 Инд. 5/3
Цена 72 к. + 10 к. переплет Заказ № 175

Государственное научно-техническое издательство
литературы по горному делу

ГОСГОРТЕХИЗДАТ
Москва, Грузинский вал, д. 35

Московская типография Госгортехиздата.
Москва, Ж-88, Южно-портовый 1-й пр., 17.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка		Напечатано	Должно быть
	сверху	снизу		
4	—	13	4345	43,45
6	11	—	по нагрузке 40—80 кг, а нить из стальной проволоки при нагруз-	при нагрузке более 300 кг. Способность хризотил-ас- беста в резуль-
17	—	10	недеформированных	недеформированных

[Handwritten scribble]

48545

ГПНТБ России



409641A