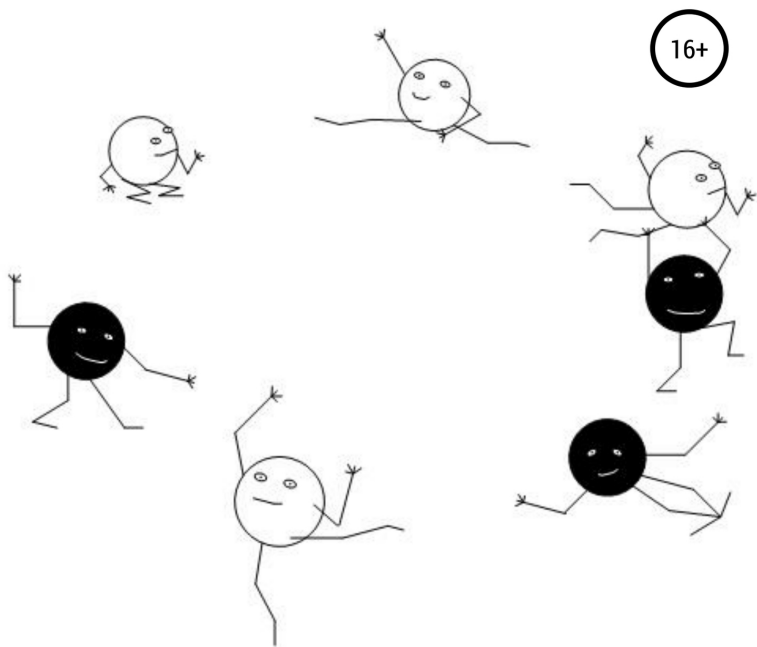


# ЗАНИМАТЕЛЬНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ

16+



ПОЛУЛЯХ Д.А.

# Данил Александрович Полулях

## Занимательное обогащение

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=43130536](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=43130536)*

*SelfPub; 2019*

### Аннотация

Книга напоминает серию «Занимательное что-то», предмет подставить по вкусу. «Занимательное обогащение» представляет собой научно-популярный путеводитель по основным процессам, технологиям и оборудованию. Прилагается обширный список литературы по основным темам. Материал изложен по принципу: «лучше хороший иронический рисунок, чем страница текста». Иллюстрации авторские. Прошла рецензирование учёных и преподавателей с мировым именем. Впервые создана научно-популярная книга по данной тематике.

# Содержание

Введение	5
Глава 1. Подготовительные процессы	7
1.1. Дробление	9
1.1.1. Конусная дробилка	9
1.1.2. Щёковая дробилка	11
1.1.3. Валковая дробилка	14
1.1.4. Дробилка самоизмельчения	15
1.1.5. Роторная и молотковая дробилки	17
1.1.6. Разрушение перепадом температур	20
1.1.7. Вакуумное разрушение	21
1.2. Измельчение	23
1.2.1. Струйная мельница	23
1.2.2. Шаровая мельница	25
1.2.3. Планетарная мельница	28
1.2.4. Дезинтегратор	29
1.2.5. Вибрационная мельница	31
1.3. Классификация	34
1.3.1. Спиральный классификатор	34
1.3.2. Классифицирующий гидроциклон	35
1.4. Грохочение	39
1.4.1. Инерционный грохот	43
1.4.2. Гидрогрохот	46
1.4.3. Валковый грохот	47



# Введение

Впервые описания процессов обогащения полезных ископаемых встречается в еще в труде Георгиуса Агриколы «12 книг о металлах», как малозначительная операция между добычей руды и её плавлением. С развитием технологий, в особенности из-за замены ручной добычи механической, обогащение превратилось в большое научное направление. Такой рост вызван «неразборчивостью добывающих машин, захватывающих полезные ископаемые вместе с пустой породой.

Также в мире наблюдается истощение легкодоступных и богатых месторождений, поэтому разрабатываются более бедные – что, в свою очередь, повышает сложность обработки и увеличивает долю породы в добытом материале.

Вышеописанные обстоятельства приводят к тому факту, что исходный материал после добычи представляет собой смесь полезного ископаемого с пустой породой в разных пропорциях и сочетаниях. Наиболее частые случаи – кусковые (уголь, щебень, марганец и т. д.), зернистые или россыпные (золото, титан, драгоценные камни и т. д.), вкрапленные (железо, серебро и т. д.) и когда химические элементы находятся в единой кристаллической структуре (металлы).

Следует обратить внимание, что целевое полезное ископаемое обычно находится в природе в окисленном состоянии (связано с кислородом), поэтому методы восстановления

ния (плавка, химическое восстановление, электролиз и т. д.) невозможны без предварительного удаления пустой породы.

Обогащение полезных ископаемых осуществляется с помощью различия в природных свойствах минералов (плотность, крупность, магнитная способность, поверхностные свойства, форма, цвет и т. д.). Обычно для процессов выбирается наиболее яркое, контрастное отличие.

Процессы обогащения делятся на три основные группы: подготовительные, процессы непосредственно обогащения и вспомогательные.

Первая группа включают в себя операции дробления, измельчения, классификации, шихтования, брикетирования. При этом происходят изменения в величине частиц. Во второй – меняется содержание ценного компонента. Вспомогательные операции необходимы для того, чтобы обогащенное полезное ископаемое и его отходы было удобно перевозить и использовать.

Полезные ископаемые обычно имеют черный цвет (уголь, железная руда), а порода – серый или белый, поэтому частицы обозначены соответственно.

# Глава 1. Подготовительные процессы

Подготовительные процессы в зависимости от особенностей полезного ископаемого могут осуществляться на разном оборудовании, но преследуют четыре главные цели:

- дробление и измельчение предназначены для «раскрытия» (разрушения) материала, когда он представляет собой «сросток» (единый камень) с другим минералом (породой), минерал разрушают до такого состояния, когда частицы породы и ценного компонента становятся отделены друг от друга;

- классификация нужна для облегчения дробления материала методом изъятия уже разрушенных частиц из процесса, а также разделения материала на крупные и мелкие продукты, обогащаемые впоследствии разными способами в случае «кускового» полезного ископаемого, т. е. размер частиц которого могут изменяться от нуля до метра;

- шихтование применяется на больших фабриках для повышения однородности исходного материала на фабрику, что дает повышение качества конечного продукта;

- обдирка является операцией для отделения налипших частиц одного минерала от частиц другого или удаления «корки» минерала, образованной его же окисленным (ржа-

вым) поверхностным слоем.

# 1.1. Дробление

В зависимости от размеров частиц, полезные ископаемые условно делят на: кусковые (больше 3 мм), зернистые (от 0,2 мм до 3 мм), тонкие (от 0 до 0,2 мм). Кусковые и зернистые могут подразделяться на крупные, средние и мелкие. Для подразделения тонких минералов просто указывают размер частиц.

Процессы дробления и измельчения не имеют определенного разграничения. Условно считается, что дробление – для более крупного материала, а измельчение для более мелкого, или для второй стадии процесса.

Также обычно у операций дробления нет свободно движущихся мелющих тел.

Отношение крупности материала до и после дробления или измельчения характеризует интенсивность разрушения, называется «степенью измельчения» и обозначается « $i$ ».

## 1.1.1. Конусная дробилка

Применяют для руд высокой прочности.

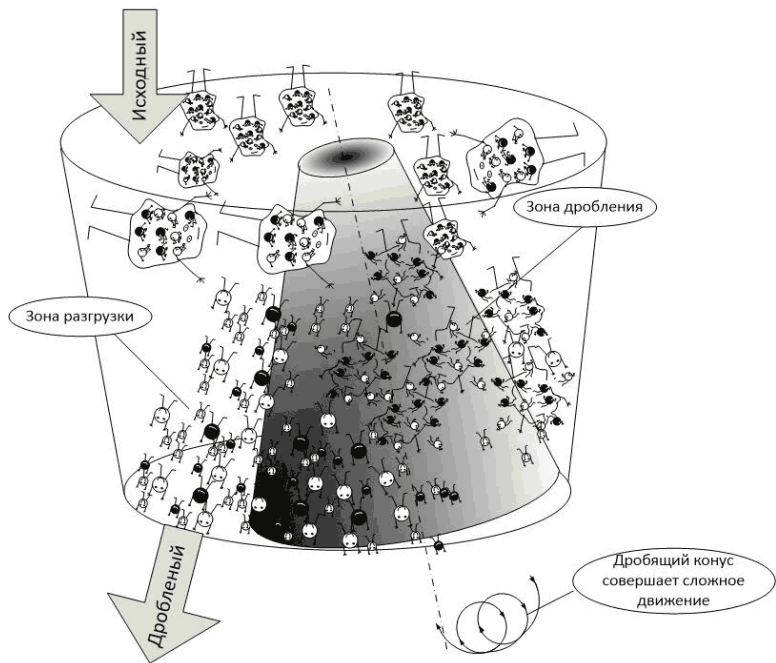


Рис. 1.1. Принцип работы конусной дробилки.

Принцип работы конусной дробилки похож на растирание специй или мака в ручной ступе.

Дробилка состоит (рис. 1.1) из дробящего конуса, совершающего сложное движение, наподобие полета Земли вокруг Солнца и неподвижного внешнего конуса. В месте, где дробящий конус приближается к неподвижному происходит сжатие материала и его последующее разрушение, на проти-

воположной стороне – выгрузка уже дробленного продукта.

Загрузка исходного и выгрузка дробленного материала происходят в непрерывном режиме.

Различают конусные дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления. Конструктивно отличаются только размерами. Крупность помола регулируется зазором между конусами.

### **1.1.2. Щековая дробилка**

Применяют для материалов средней и высокой прочности.

Принцип работы щековой дробилки аналогичен раздавливанию чеснока в ручной чесночнице.

Дробилка состоит (рис. 1.2) из неподвижной и качающейся (подвижной) стальных пластин (щёк). Когда подвижная щека приближается к неподвижной происходит сжатие материала и его последующее разрушение, а когда щёки раздвигаются – происходит разгрузка дробленного продукта.

Щековая дробилка работает с порционной загрузкой исходного и выгрузкой дробленного материала.

Различают щековые дробилки с одной или двумя подвижными щеками. Конструктивно отличаются способом движения щёк. Крупность помола регулируется зазором между щёками.

Щеки могут двигаться разным способом. Только щеко-

вая дробилка со сложными качания дробящих щек может применяться для разрушения строительных железобетонных конструкций (фонарный столб), так как железные арматурные конструкции проходят вдоль разрушающих бетон щек, не ломая дробилку.

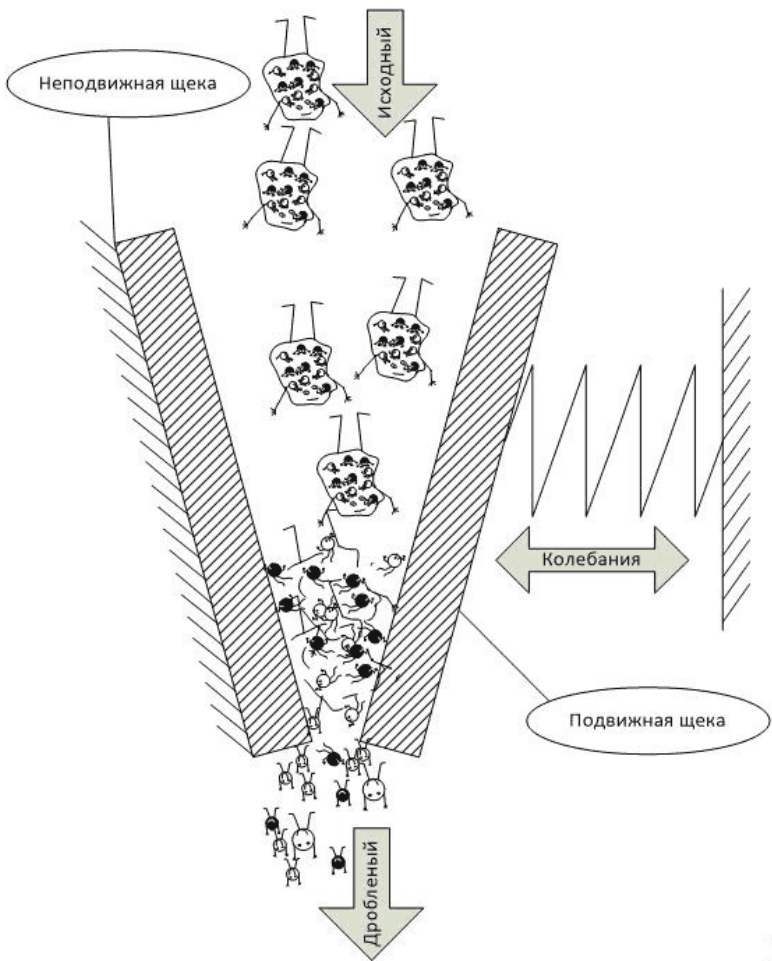


Рис. 1.2. Принцип работы щековой дробилки.

### **1.1.3. Валковая дробилка**

Применяют для материалов малой и средней прочности.

Дробилка состоит (рис. 1.3) из неподвижного и подвижного валков, вращающихся навстречу друг другу. Когда частица попадает между валками происходит сжатие материала и его последующее разрушение, если попадаетея слишком прочная частица подвижный валок смещается на пружине для предотвращения застревания или поломки.

Загрузка исходного и выгрузка дробленного материала происходят в непрерывном режиме.

Различают валковые дробилки с одной или двумя подвижными валками. Конструктивно отличаются размерами и наличием зубьев. Крупность помола регулируется зазором между валками.

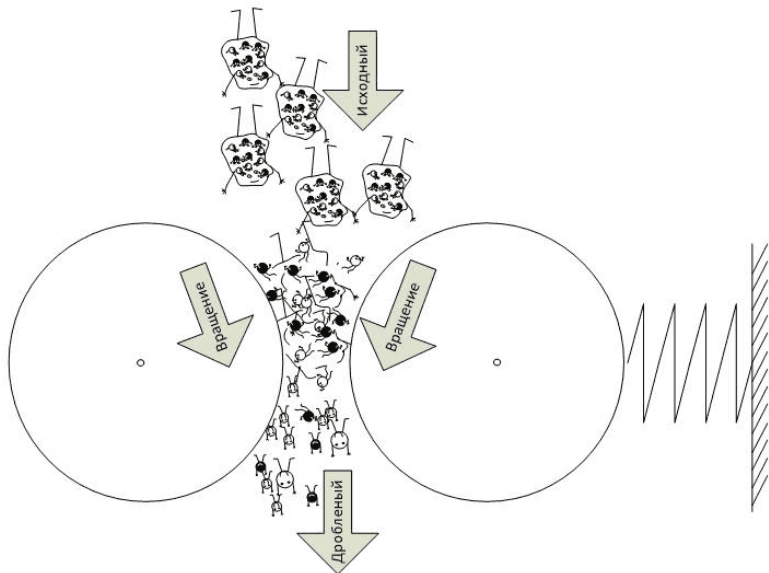


Рис. 1.3. Принцип работы валковой дробилки.

### 1.1.4. Дробилка самоизмельчения

Применяют для материалов средней и высокой прочности.

Принцип работы ротора дробилки самоизмельчения похож на садовую вращающуюся «поливалку».

Дробилка состоит (рис. 1.4) из ротора и неподвижного корпуса.

Исходный материал разделяется на два потока, один пускается по стенкам бочкообразного корпуса, а другой с помощью ротора с высокой скоростью «выстреливает» из центра к стенкам. В результате происходит удар материала о материал и его последующее разрушение.

Дробилка самоизмельчения работает в непрерывном режиме.

Конструктивно дробилки самоизмельчения отличаются геометрией и скоростями движения материала. Крупность помола регулируется скоростью вращения ротора.

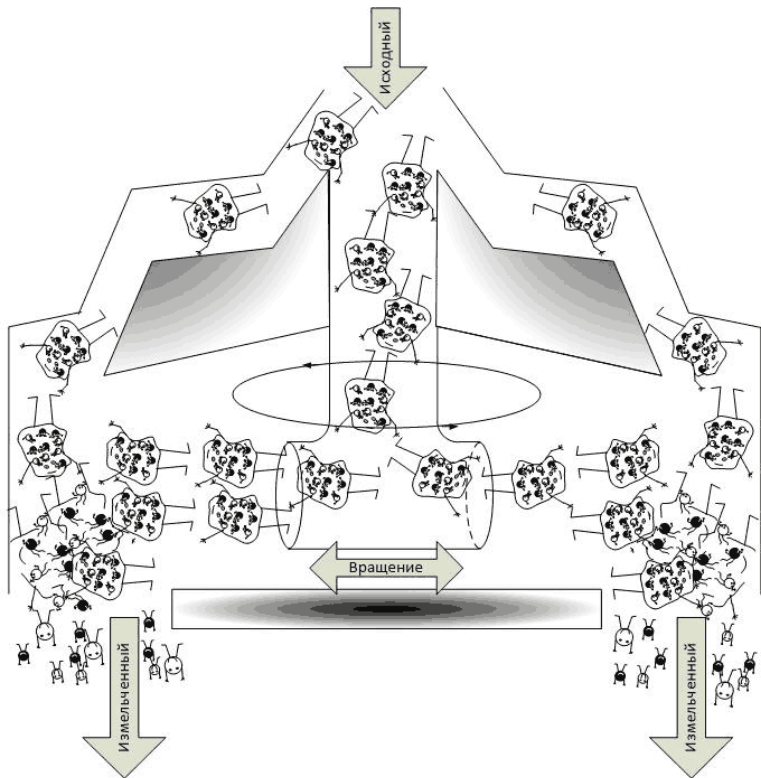


Рис. 1.4. Принцип работы дробилки самоизмельчения.

## 1.1.5. Роторная и молотковая дробилки

Применяют для материалов малой и средней прочности.

Дробилки состоит (рис. 1.5) из ротора и неподвижного корпуса. Ротор у роторной дробилки представляет собой неподвижно закрепленные на валу ряды стержней (пальцев). Конструкция молотковой дробилки аналогична, за исключением того, что стержни (молотки) подвижно крепятся с помощью нескольких звеньев цепи.

Когда частица попадает под удар пальца или молотка в дробилках происходит её разрушение.

Загрузка исходного и выгрузка дробленого материала происходят в непрерывном режиме.

Крупность помола регулируется скоростью вращения ротора.

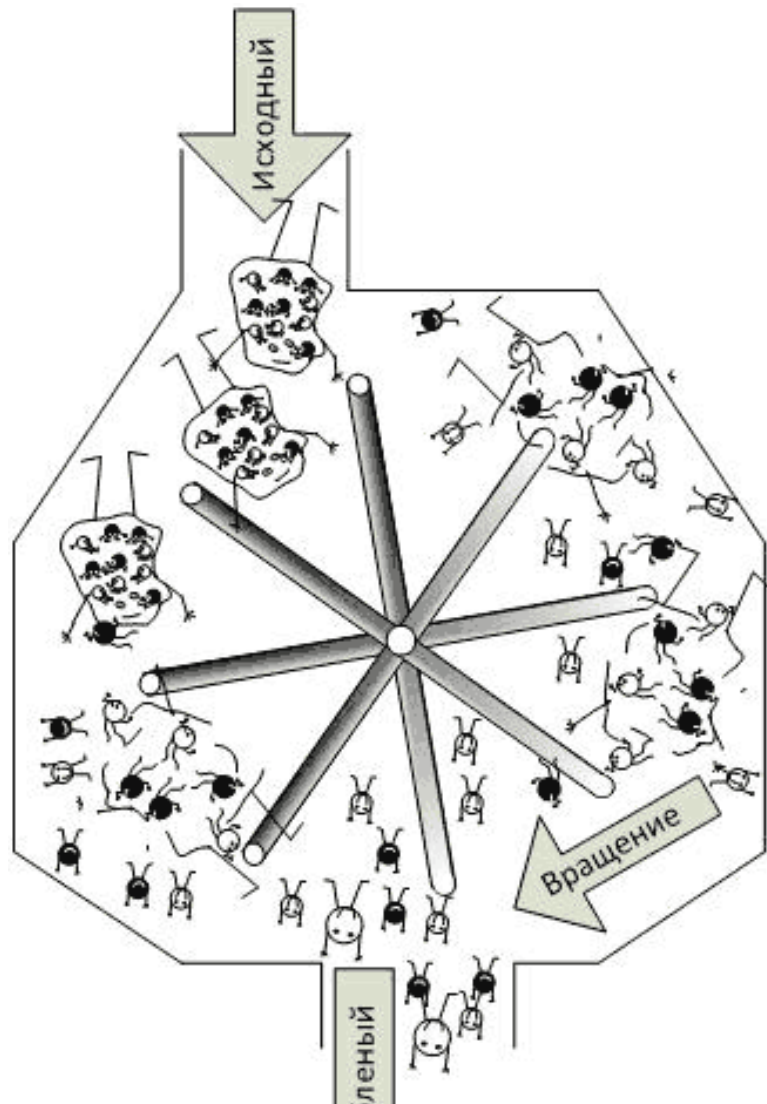


Рис. 1.5. Принцип работы роторной и молотковой дробилки.

Технологически роторная и молотковая дробилки отличаются интенсивностью разрушения: в случае необходимости мелкого дробления материала малой прочности обычно применяют первую; если есть нежелание переизмельчить материал, применяют молотковую. Так как удар в роторной дробилке наносится весом пальца и инерцией вращения вала, а в молотковой – исключительно весом молотка.

## 1.1.6. Разрушение перепадом температур

Применяется для минералов высокой прочности.

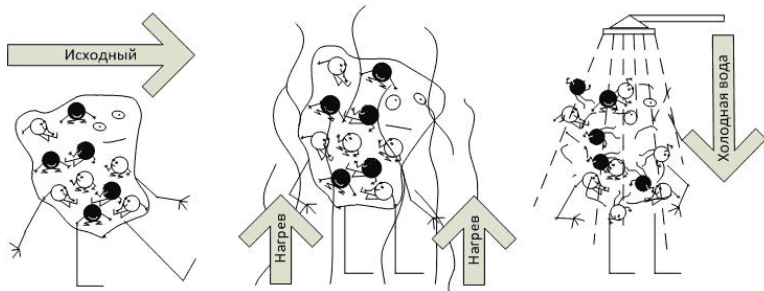


Рис. 1.6. Принцип разрушения перепадом температур.

Суть метода заключается в нагреве вещества в печи или

трением частиц минерала друг о друга, с последующим резким охлаждением водой с температурой, близкой к нулю. При нагреве происходит расширение кристаллической структуры минерала, а при резком охлаждении – кратное ослабление прочности, образование трещин и разрушение.

### 1.1.7. Вакуумное разрушение

Применяется для минералов с пустотами внутри частиц (губкообразные или трещиноватые) и не высокой прочности.

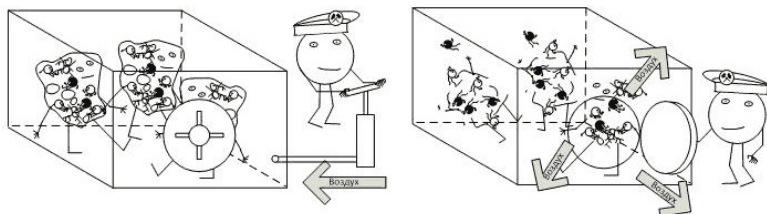


Рис. 1.7. Принцип вакуумного разрушения.

Процесс разрушения проходит в два этапа: сначала в прочный герметичный контейнер загружается минерал и накачивают воздух для повышения давления, кратно больше атмосферного. Для выравнивая давления внутри пор минерала и давлением внутри контейнера выдерживают несколько часов. На втором этапе – контейнер резко открывают, при этом происходит резкий перепад давления между внутрен-

ними порами минерала и атмосферным, в результате чего полезное ископаемое разрывает изнутри.

Данный метод дорог в применении и подходит только для малой доли полезных ископаемых.

## **1.2. Измельчение**

Измельчение является ключевым процессом в целом ряде производств: строительство, пищевая промышленность, химическое производство. В горном деле применяется на конечных операциях разрушения материала.

### **1.2.1. Струйная мельница**

Условная технологическая задача: измельчить «песок» в «муку».

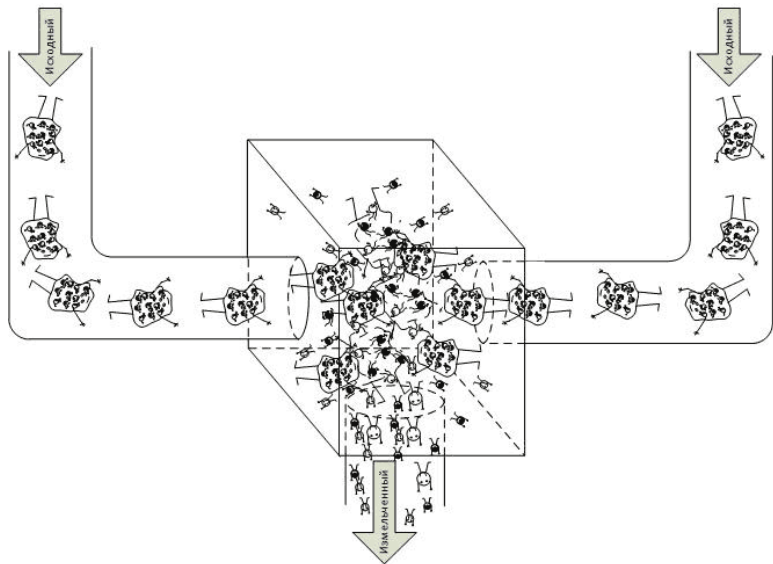


Рис. 1.8. Принцип работы струйной мельницы.

Применяют для материалов средней и высокой прочности, так как для малопрочного материала характерна деформация при ударе без разрушения и слипание частиц.

Принцип работы струйной мельницы можно представить как если два фена (только воздух несет еще и частицы песка) направить навстречу друг другу.

Струйная мельница состоит (рис. 1.8) компрессора (двух), создающего мощный, транспортирующий материал, поток воздуха, воздухопроводов и камеры измельчения. Струи и частицы сталкиваются «в лоб» и происходит процесс разруше-

ния материала.

Струйная мельница работает в непрерывном режиме.

Конструктивно данные мельницы отличаются геометрией и скоростями движения материала. Могут конструктивно иметь два соударяющихся потока или один поток, бьющийся об отбойную плиту.

Крупность помола регулируется скоростью движения воздуха.

## **1.2.2. Шаровая мельница**

Применяют для любых материалов. Является основным измельчающим процессом.

Принцип работы шаровой мельницы можно представить в виде лежащей на боку бочке, если в нее положить камешки и железные шары (мелящие тела), а после столкнуть бочку с горы. Вращение от спуска передается шарам, и они будут разрушать камешки.

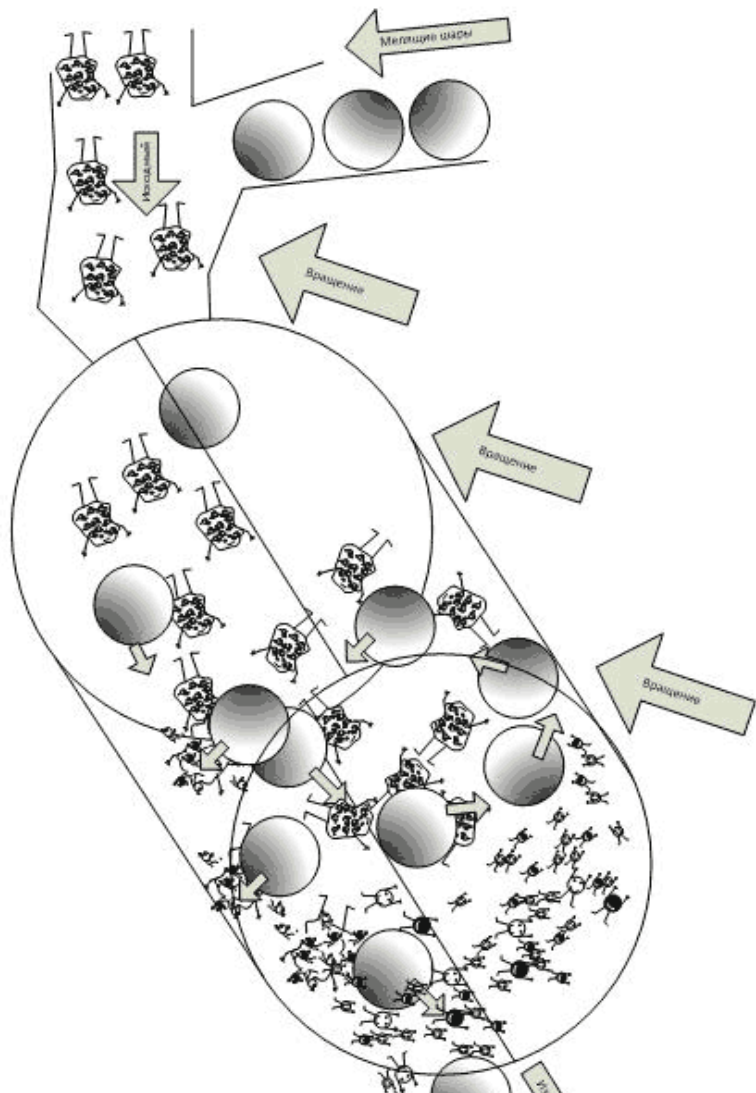
Шаровая мельница состоит (рис. 1.9) привода, цилиндрического и лежащего на боку корпуса, устройства досыпки новых мелящих тел. Процесс разрушения может происходить в трех режимах: каскадном, когда мелящие тела перекатываются без полета по «днищу» корпуса, водопадном, в случае появления участка полета и смешанном.

При каскадном режиме разрушение происходит за счет истирания материала мелющими телами. При водопадном –

добавляется к истиранию момент удара мелющими телами при падении.

В качестве мелящих тел могут использоваться металлические или керамические шары, полнотелые «бочонки», подобранные куски прочной породы.

Шаровая мельница обычно работает в периодическом режиме.



## Рис. 1.9. Принцип работы шаровой мельницы.

Конструктивно данные мельницы отличаются размерами, геометрией и вариантами загрузки и выгрузки материала.

Принцип действия и конструкция шаровых мельниц отличается от стержневых только тем, что стержни в соответствующих мельницах жестко закреплены вдоль оси вращения корпуса.

Данные аппараты обычно используются в цикле (в паре) с классифицирующим устройством, обычно гидроциклоном или спиральным классификатором для контроля качества измельченного продукта. Материал больше требуемой крупности (обычно 20–30 %) направляется обратно в мельницу, таким образом, замыкая цикл.

Крупность помола регулируется скоростью вращения и подборкой мелющих тел.

### **1.2.3. Планетарная мельница**

Применяют для материалов средней и высокой прочности.

Условная технологическая задача заключается в получении особо тонких порошков (до 1 мкм).

Принцип работы планетарной мельницы схож с дисковыми тормозами.

Планетарная мельница состоит (рис. 1.10,) из двух жерно-

вов, вращающихся в противоположных направлениях. Процесс разрушения происходит за счет истирания материала данными жерновами.

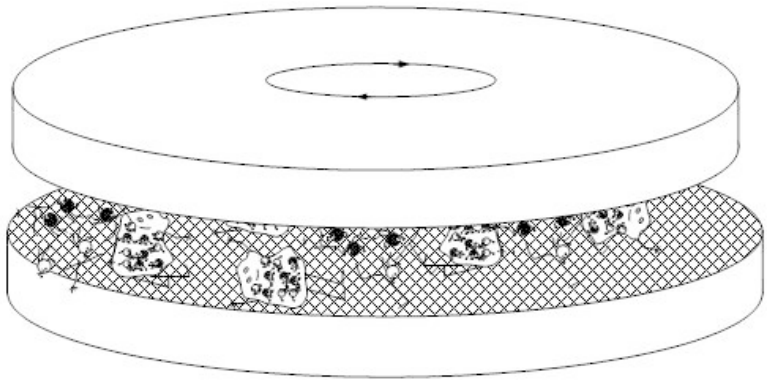


Рис. 1.10. Принцип работы планетарной мельницы.

Данная мельница работает в периодическом режиме.

Конструктивно данные мельницы отличаются размерами, геометрией и вариантами загрузки и выгрузки материала.

### 1.2.4. Дезинтегратор

Применяют для материалов малой и средней прочности.

Условная технологическая задача заключается в разрушении крупного, не очень прочного материала, часто используют для переработки пластмасс и другого вторичного сырья.

Дезинтегратор состоит (рис. 1.11) из минимум двух многосекторных роторов, каждая секция которых вращающихся в противоположных направлениях. Каждая вращающаяся секция снабжена ударными стержнями (бичами). Процесс разрушения происходит за счет ударов бичами по материалу.

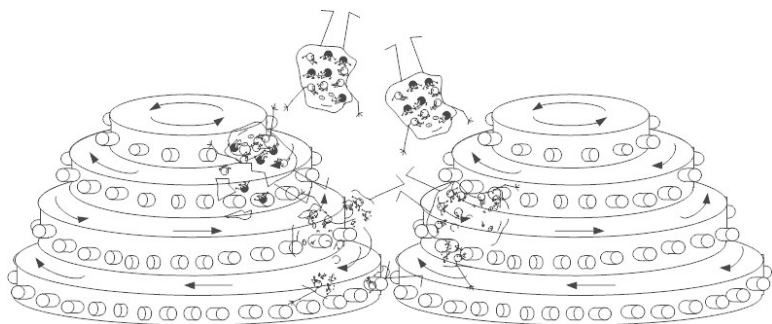


Рис. 1.11. Принцип работы дезинтегратора.

Основной особенностью дезинтегратора является обеспечение многократного удара по материалу и тем обстоятельством, что частица проходит поэтапное разрушение с возрастающей интенсивностью.

Дезинтегратор работает в непрерывном режиме.

Конструктивно данные устройства отличаются размерами, количеством роторов и вариантами движения их секций.

## 1.2.5. Вибрационная мельница

Применяют для материалов малой и средней прочности.

Конструктивно вибрационные мельницы подразделяются на виброистератели (рис. 1.12.) и, собственно, вибромельницы, (рис. 1.13), широко применяемые в лабораторных устройствах. В промышленности эти аппараты нашли ограниченное применение из-за малой производительности.

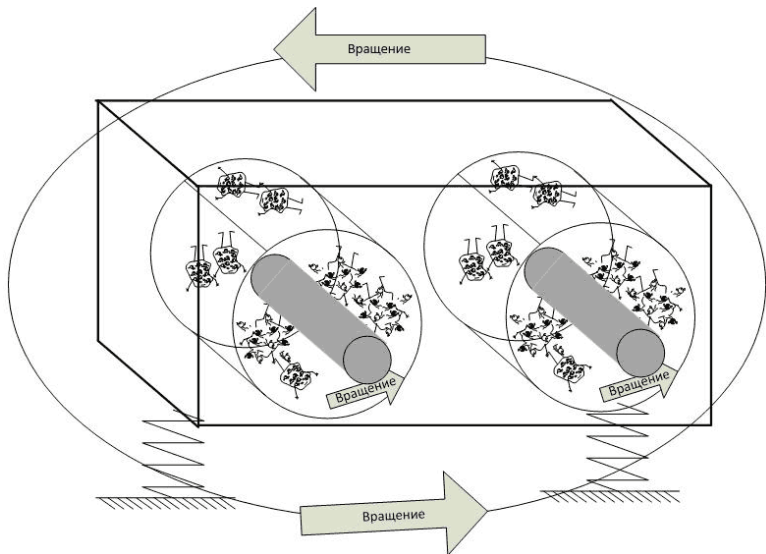


Рис. 1.12. Принцип работы виброистирателя.

Данные машины работают в периодическом режиме следующим образом: материал подается в измельчающие камеры, также туда помещаются истирающие (пестик для виброистирателя) или мелющие тела (шарики для вибромельницы)

Механика процессов разрушения, происходящих при вибрационном измельчении, аналогична шаровым мельницам.

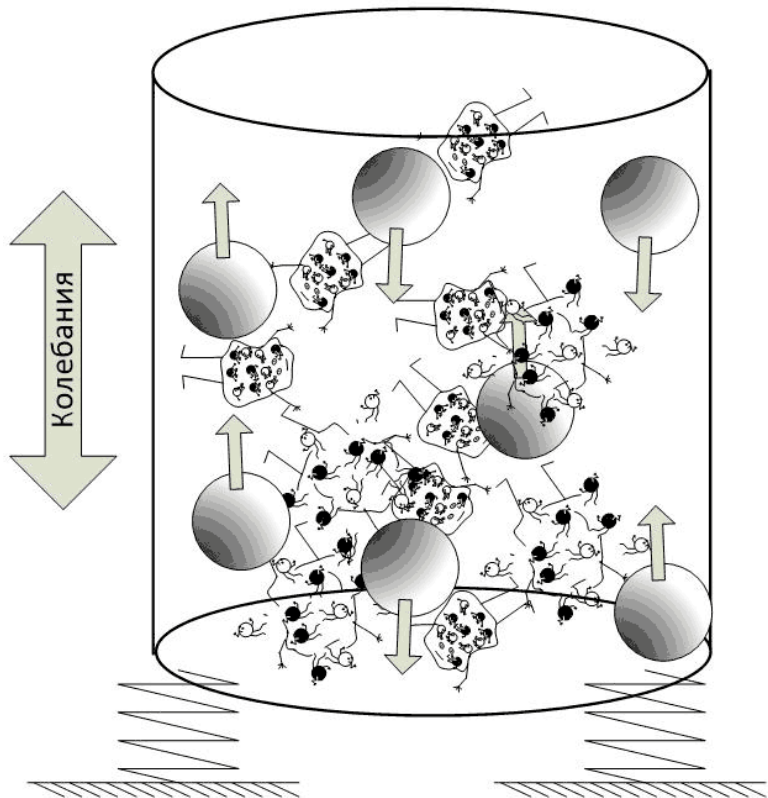


Рис. 1.13. Принцип работы вибрационной мельницы.

## 1.3. Классификация

Классификация является процессом разделения материала по крупности.

Процессы классификации происходят либо на ситовой поверхности (грохочение), либо с помощью гравитационных или гидродинамических сил.

Основными аппаратами, использующими принцип классификации под действием гидродинамических сил, являются гидроциклоны и спиральные классификаторы.

### 1.3.1. Спиральный классификатор

Принцип работы спирального классификатора можно увидеть размешивая сахар ложкой в прозрачном стакане с чаем, когда наиболее мелкие сахаринки всплывают до поверхности, а крупные витают около дна.

Спиральный классификатор состоит (рис. 1.14) из вращающейся спирали (обычно двух, иногда трех), создающей восходящие потоки с интенсивностью, достаточной для всплытия мелких частиц, но слишком слабой для всплытия крупных частиц.

Мелкие частица разгружаются через порог (борт) с потоком воды, а крупные вычерпываются спиралью в сборник.

Спиральный классификатор работает в непрерывном ре-

жиме.

Крупность разделения регулируется скоростью вращения спиралей.

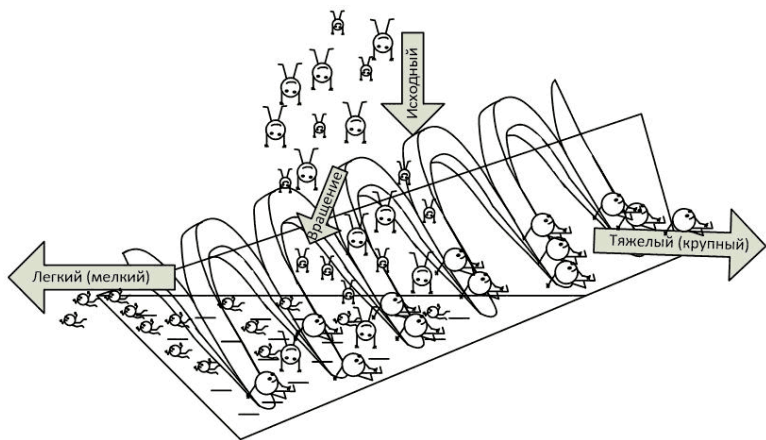


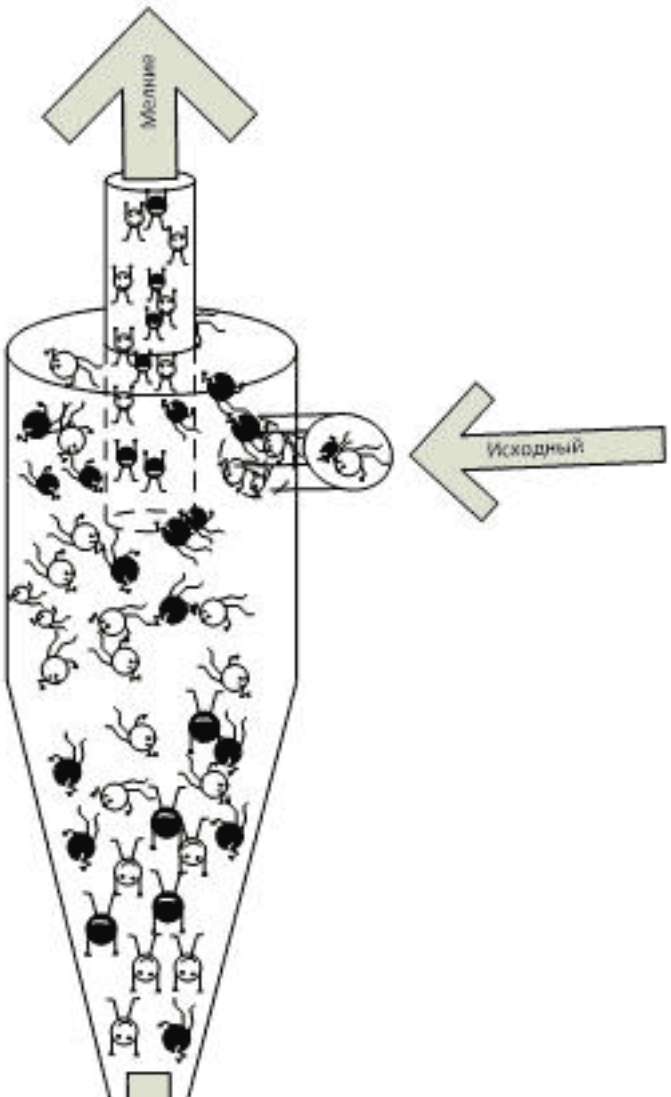
Рис. 1.14. Принцип работы спирального классификатора.

### 1.3.2. Классифицирующий гидроциклон

Принцип работы классифицирующего гидроциклона можно увидеть наливая воду в ведро из шланга, направив поток по касательной вдоль стенки.

Классифицирующий гидроциклон состоит (рис. 1.15) из цилиндрической и конических частей, питающего патрубка, сливной (мелкий продукт) и песковой (крупный продукт) на-

садок. Сливная насадка «утоплена» в цилиндрическую часть гидроциклона, и эту часть называют сливным стаканом.



## Рис. 1.15. Принцип работы гидроциклона.

Диаметр отверстия в песковой насадке всегда меньше питающего диаметра, таким образом формируется восходящий поток, улавливаемый сливным стаканом. Данный восходящий поток выносит мелкие частицы в сливной продукт. Более крупные, а значит, тяжелые частицы тонут, и попадают в песковый продукт.

Конструкции гидроциклонов разнообразны. По форме различают цилиндрические (обычно «лежат на боку»), цилиндроконические (вертикальные), часто несколько гидроциклонов объединяют в один аппарат.

Из гидроциклонов малых диаметров формируют батареи, от 2–3 шт. до 40–50 шт.

Классифицирующий гидроциклон работает в непрерывном режиме.

Крупность разделения регулируется соотношением диаметров насадок и входящим давлением воды.

## 1.4. Грохочение

Грохочение является классификацией с помощью просеивающей поверхности.

Аппараты для классификации с решетом называются грохотами.

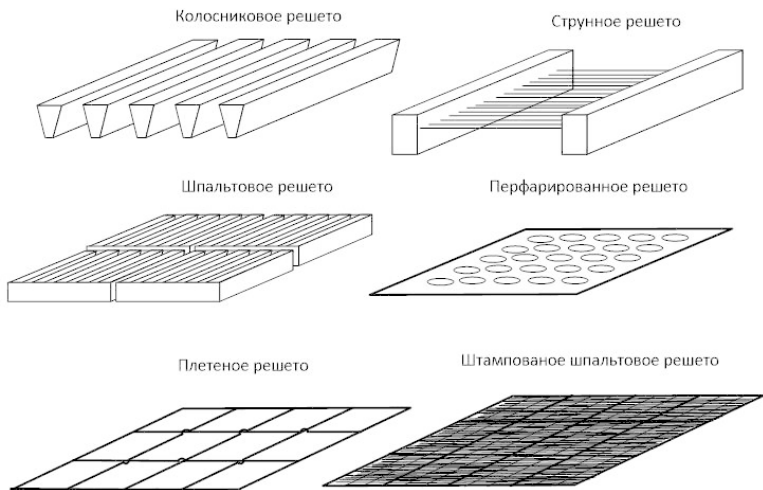


Рис. 1.16. Основные формы просеивающих поверхностей.

По геометрической форме отверстий они делятся: на прямоугольные от квадрата до щели, круглые, струнные, с подвижной ячейкой. Решето может быть подвижным (инерци-

онные грохоты) или неподвижным, а также их может быть несколько.

Инерционные грохоты по сочетанию частоты колебаний решета и материала подразделяются на дорезонансные (частота колебаний решета больше чем материала), резонансные (равны) и зарезонансные или высокочастотные. Для последних характерно наличие двойного колебательного контура: обычный дорезонансный грохот трясет короб, в котором находится еще один дорезонансный грохот. Частоты колебаний этих двух грохотов подбираются таким образом, чтобы их суммарная частота была больше, чем у материала.

Просеивающая поверхность наиболее часто формируется способами, показанными на рис. 1.16. Колосниковое решето набирается из параллельных колосков, струнное напоминает арфу, шпальтовое собирается из колосниковых ячеек, перфорированное может иметь отверстия любой нужной формы и взаимного расположения, плетеное аналогично сетке-рабице, штампованное шпальтовое производится из резины или полиуретана под действием высокого давления, также решето может быть сварным, быть результатом наложения нескольких сит (просеивающее на несущее).

Грохоты могут быть подвижными и неподвижными.

Наиболее часто употребляемые материалы для создания просеивающих поверхностей: сталь, резина, полиуретан, карбиды, и их комбинации.

Частицы просеиваемого материала в зависимости от соб-

ственного диаметра могут быть «легкими», «трудными» и «затрудняющими», как показано на рис. 1.17.

«Легкие» зерна диаметром меньше примерно 75 % от диаметра ячейки решета, т. е. свободно просеиваются. «Трудные» зерна диаметром от 75 до 99 % от диаметра ячейки решета. «Затрудняющие» зерна примерно равны отверстию ячейки решета, склонны к застреванию и уменьшают рабочую площадь грохота.

Мелкие частицы условного размера меньше 1 мм называются «шлам», для антрацита – «штыб», разница возникла исторически из-за разного звучания одного и того же слова соответственно на английском и немецком языках, так как развитием угольной отрасли занимались английские специалисты, а антрацитовый – немецкие.

Как показано на рис. 1.17., мелкие частицы, содержащиеся в исходном (рядовом) угле называются первичным, а образованные при обработке на фабрике – вторичным шламом.

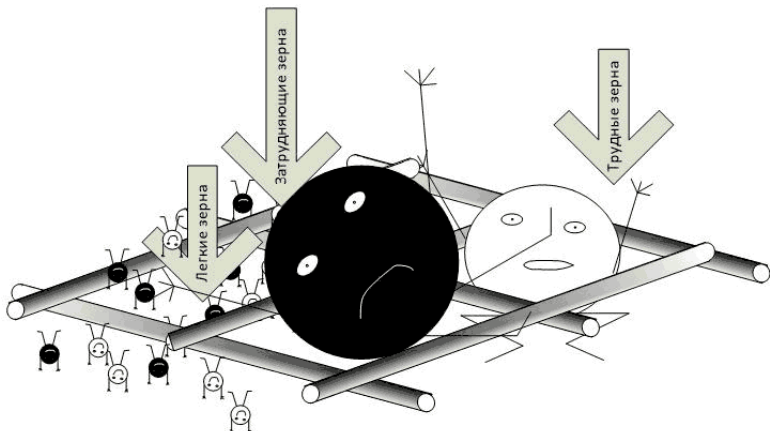


Рис. 1.17. Легкие, трудные и затрудняющие зерна.

При грохочении происходят следующие эффекты, показанные на рис. 1.18:

- снижение эффективности грохочения из-за влажности материала, вызванное слипанием мокрых частиц, а также комкованием илов и глин;

- шламообразование, процесс, вызванный разрушением частиц при соударении и ударах о решето;

- с ростом содержания влаги до состояния густой пульпы происходит повышение эффективности грохочения;

- кривая зависимости эффективности грохочения от влажности материала уменьшается до нуля и возрастает симметрично;

- значение эффективности в критических точках зависит

от вида полезного ископаемого, данные на рис. 1.16 приведены для угля и антрацита.

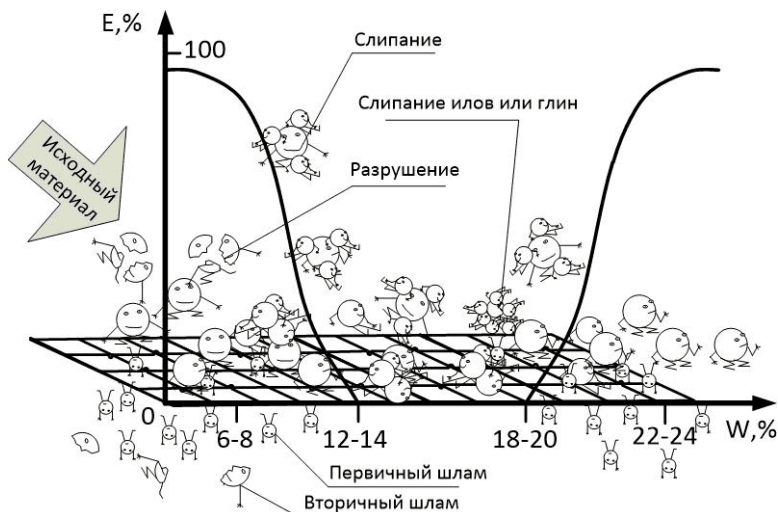


Рис. 1.18. Зависимость эффективности грохочения от влажности материала.

### 1.4.1. Инерционный грохот

Наиболее распространенный грохот – инерционный, в котором вибрация решета происходит под действием одного или нескольких приводов. Для избегания ударов решето опирается на пружины или резиновые опоры.

Схема инерционного грохота показана на рис. 1.19. Материал падает на вибрирующую ситовую поверхность, частицы размерами меньше отверстий просеиваются в подрешетный продукт, а остальные попадают в надрешетный продукт.

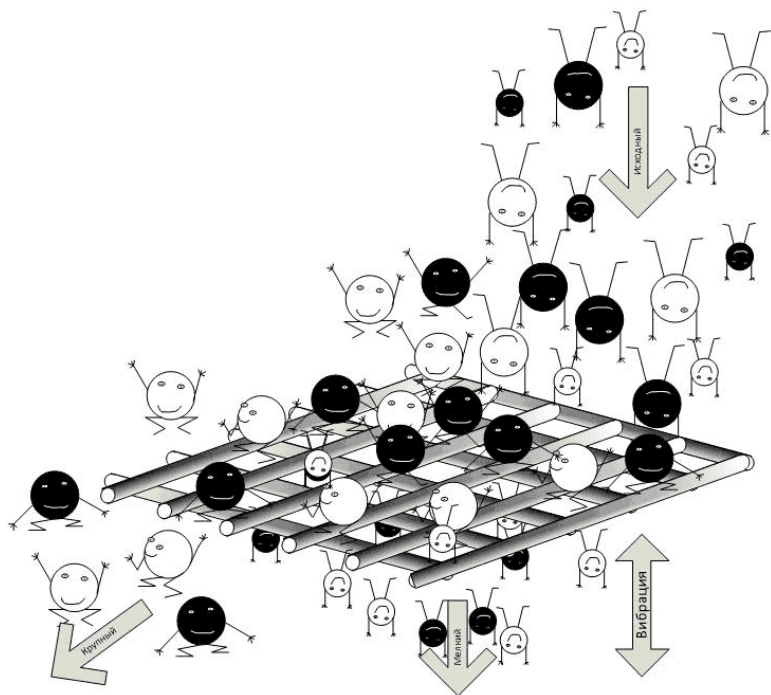


Рис. 1.19. Принцип работы инерционного грохота.

По частоте колебания решета грохоты бывают: дорезо-

нансные (рассев и обезвоживание крупных материалов), резонансные (вытеснены из употребления) и зарезонансные (высокочастотные, для рассева и обезвоживания мелких материалов).

Конструкции форм просеивающих поверхностей инерционных грохотов разнообразны. Основные наиболее часто встречающиеся формы приведена на рис 1.20.

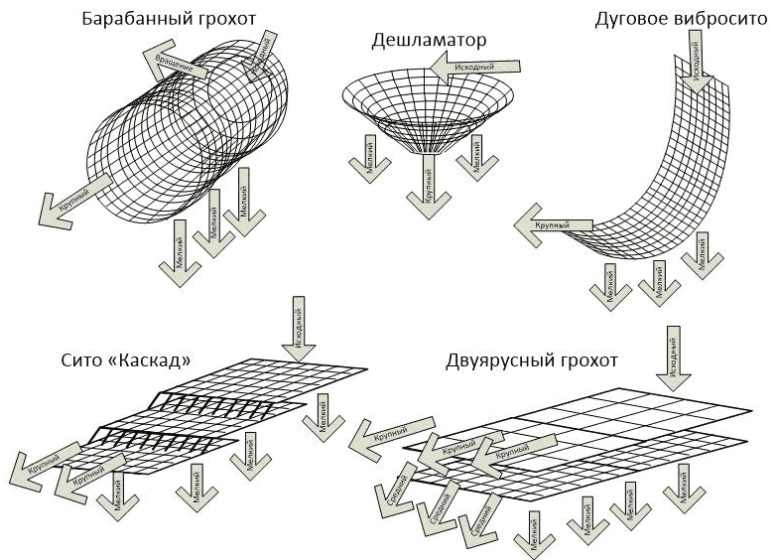


Рис. 1.20. Основные формы грохотов.

## 1.4.2. Гидрогрохот

Принцип работы гидрогрохота основан на взаимодействии гидродинамических сил.

Прямолинейный гидрогрохот состоит (рис. 1.21) из разгонного устройства (гидроподготовки) и неподвижного решета, над которым закреплены под острым углом несколько рядов напорных сопел. Мощные струи воды в устройстве гидроподготовки разгоняют материал до скоростей от 4 до 9 м/с. На начальном этапе поток материала турбулентный и толстый, после он утончается и происходит явление сегрегации (отделения крупных кусков от мелких в слое материала под действием внешних сил). Таким образом подготовленный поток попадает на решето, где на него сверху действуют напорные струи из сопел, продавливая мелкие частицы в подрешетный продукт. Частицы, размером больше отверстий решета выносятся потоком в надрешетный продукт.

Существуют две основные конструкции гидрогрохотов: прямолинейные и конусные. Конусные отличаются формой решета, в виде усеченного конуса и «бубликообразным» кольцевым разгонным устройством.

Применяется для отсева крупных частиц.

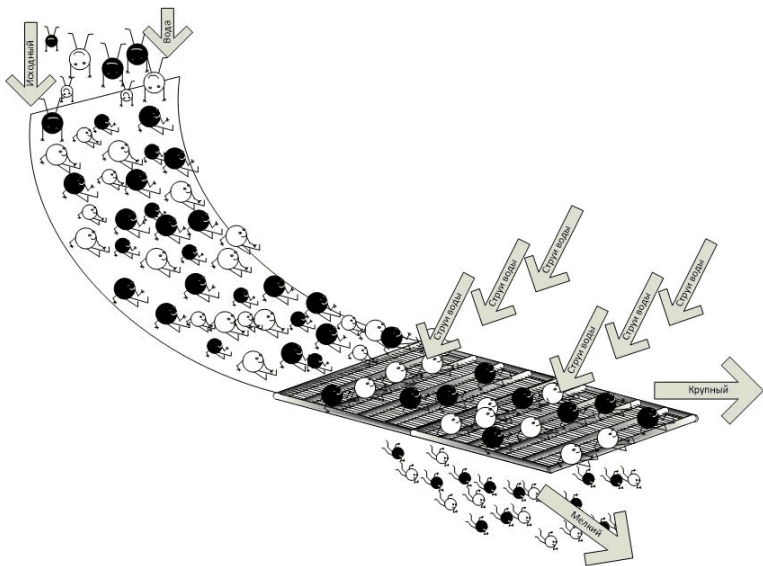


Рис. 1.21. Принцип работы гидрогрохота.

### 1.4.3. Валковый грохот

Валковый грохот состоит (рис. 1.22) из параллельных вращающихся в одну сторону валков. Материал, попадая на валки перемещается вдоль них под воздействием их вращения. Частицы размером меньше зазора между валками проваливаются в подрешетный продукт. Остальные частицы перемещаются валками в надрешетный продукт.

Иногда на валки неподвижно закрепляют ряды стержней

(пальцев) или звезд (похожих на шестерни) для разрыхления слипшегося материала (звездочный грохот).

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.