

## Лекция 10. Машины и оборудование для переработки каменных материалов.

### 1. Характеристика процесса дробления

### 2. Машины для дробления каменных материалов

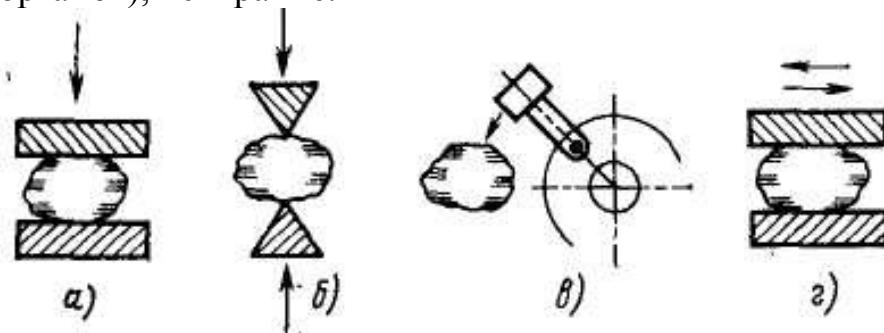
### 3. Машины для сортировки каменных материалов

### 4. Машины для классификации песков и мойки каменных материалов

#### 1. Характеристика процесса дробления.

Добыча каменных материалов производится: песка и гравия — в естественных отложениях механическим или гидравлическим способами; щебня — переработкой горных пород путем дробления. Добываемые в карьерах каменные материалы перерабатываются на стационарных камнедробильных и промывочно-сортировочных заводах или передвижных установках до продукта стандартного качества. Основным технологическим оборудованием для выполнения этих операций на камнедробильных и промывочно-сортировочных заводах и установках являются дробильные машины, машины для грохочения (сортировки) и машины для промывки каменных материалов.

Механический процесс разрушения или измельчения кусков каменной породы называется дроблением и производится при помощи дробильных машин — камнедробилок. При многообразии физико-механических свойств измельчаемых материалов, а также размеров исходного материала и готового продукта дробильное оборудование также весьма разнообразно. По принципу действия и характеру воздействия на измельчаемый материал в этих машинах используются следующие способы разрушения: раздавливание, когда материал разрушается в основном вследствие деформации сжатия, раскалывание, удар (при относительно большой скорости рабочих органов), истирание.



а - сжатие, б - раскалывание, в - удар, г - истирание

Рисунок - Способы разрушения материалов

В дробильных машинах указанные способы разрушения используют в различном сочетании. Например, крупное дробление прочных материалов в щековой дробилке производится в основном раздавливанием, которое может сопровождаться раскалыванием при наличии рифлей на рабочих частях машины (щеках), и ударом, так как рабочие части дробилки движутся с большой скоростью.

По принципу действия и конструктивным признакам различают дробилки:

- щековые,
- конусные,
- валковые,
- ударного действия (роторные).

В строительстве наибольшее применение имеют щековые, конусные и роторные дробилки.

Дробилки характеризуются *производительностью, размерами загрузочного и разгрузочного отверстий, диапазоном регулирования разгрузочного отверстия, конструктивной степенью дробления, и наибольшим размером кусков в исходном материале, определяемым из условий их захвата дробящими органами и размером загрузочного отверстия.*

Материалы дробят в две — три, реже — в одну стадию. На каждой стадии дробления с использованием дробилок различных типов получают материал с требуемыми размерами частиц, которые отсеивают на грохотах (сепараторах), установленных перед дробилками. Дробилки последних стадий работают, как правило, в замкнутом цикле с виброгрохотом. При этом материал крупнее заданного возвращается в ту же дробилку для повторного дробления.

Материал, поступающий в дробилку, называют *исходным материалом, или продуктом питания*. Раздробленный материал, выходящий из дробилки, называется *продуктом дробления, или готовым продуктом*.

Процесс механического дробления горных пород принято оценивать степенью дробления (измельчения)  $i$ , которая определяется как отношение размера наиболее крупных загружаемых в дробильную машину камней к размеру максимальных зерен в продукте дробления:

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}}$$

В этом выражении  $D_{\max}$  задается по исходному материалу, а  $d_{\max}$  зависит от условий процесса дробления и подлежит определению.

В зависимости от размеров кусков исходного материала, поступающего в дробилку, и необходимых размеров кусков готовой продукции дробление условно разделяется на крупное, среднее, мелкое и помол (тонкое измельчение). При крупном и среднем дроблении степень измельчения  $i = 3 \dots 10$ , при мелком  $i = 10 \dots 30$ , при помоле  $i$  достигает  $500 \dots 1000$ .

Качество гравия и щебня характеризуется зерновым составом, формой зерен, механической прочностью и содержанием засоряющих примесей. В зависимости от крупности зерен эти материалы разделяют на фракции, каждая из которых характеризуется минимальным и максимальным (средними по трем измерениям) размерами.

По форме зерна бывают *лещадными*, у которых длина в три и более раз больше ширины, и *кубообразными*.

## **2. Машины для дробления каменных материалов.**

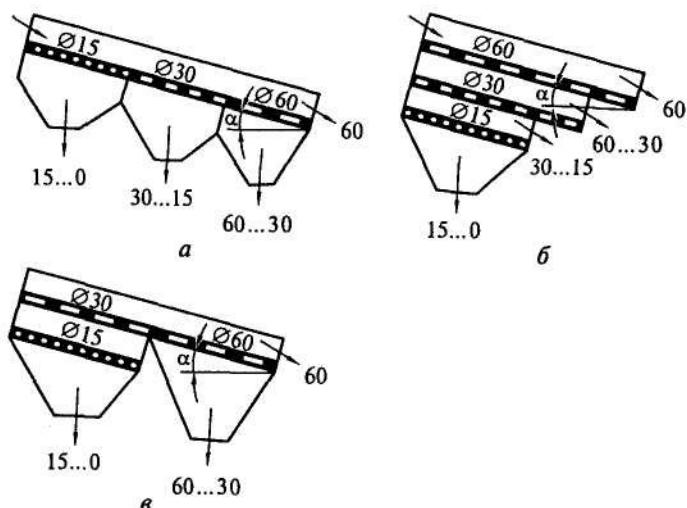
См. лабораторную работу №6.

## **3. Машины для сортировки каменных материалов.**

*Сортировкой* называют процесс разделения естественных или раздробленных материалов на фракции по крупности *механическим, гидравлическим или воздушным способами*. Наиболее распространен механический способ просеиванием на грохотах (сепараторах), называемый *грохочением* (сепарированием). Основной частью грохота

является просеивающая поверхность (сито) в виде колосников из стальных прутьев, сит из плетеной или сварной сетки, а также решет, штампованных из листовой стали или литых из резины. Зерна, прошедшие через отверстия просеивающей поверхности называют *нижним классом*, а оставшиеся на этой поверхности — *верхним классом*. При перемещении по ситу не все зерна с размерами, меньшими ее отверстий, переходят в нижний класс, вследствие чего верхний класс оказывается засоренным зернами нижнего класса. Отношение (в процентах) массы зерен, прошедших сквозь сито, к массе материала такой же крупности, содержащейся в верхнем классе, называют *эффективностью грохочения*. В зависимости от материала и типа грохота этот показатель колеблется в пределах 86..95 %.

На грохотах устанавливают до трех сит с различными размерами отверстий, располагая их в одной плоскости, ярусами или комбинированно.



а - последовательная, б - ярусная, в - комбинированная

Рисунок - Схемы расположения сит в сепараторах

В первой схеме сита располагают в порядке от наиболее мелкого по размерам отверстий просеивающей поверхности к наиболее крупному. Эта схема наиболее проста и удобна для обслуживания. Ее недостатками являются: большая длина грохота, интенсивный износ первого, наиболее мелкого сита, воспринимающего всю массу просеиваемого материала, низкое качество грохочения из-за увлечения в верхнем классе мелких частиц более крупными. При ярусной схеме — от крупного к мелкому — достигается высокое качество грохочения, более равномерный износ сит, но ухудшается доступ к последним. Наиболее распространена комбинированная схема — промежуточная по достоинствам и недостаткам.

Различают грохочение *предварительное*, *промежуточное* и *товарное* (окончательное). Первичное грохочение применяют для грубой сортировки на крупные и мелкие куски перед дробилками первичного дробления. При промежуточном грохочении из дробленого материала выделяют более крупные куски для повторного дробления. При окончательном грохочении материал разделяют на фракции в соответствии с требованиями стандарта.

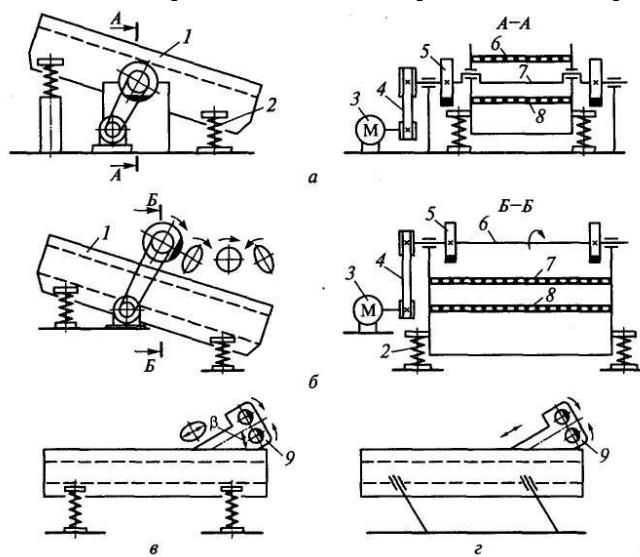
**Грохоты** классифицируют:

- по типу просеивающей поверхности - колосниковые,
  - плетеные,
  - штампованные;
- по характеру движения поверхности - неподвижные,
  - качающиеся,
  - вибрационные
  - вращающиеся;
- по форме поверхности - плоские
  - цилиндрические;
- по положению в пространстве поверхности - горизонтальные,
  - наклонные.

**Колосниковые грохоты** наиболее просты по устройству неподвижные. В них материал перемещается по наклонной просеивающей поверхности гравитационно. Производительность неподвижных грохотов невысокая, их применяют, в основном, для предварительного грохочения.

**Барабанный грохот** представляет собой установленный наклонно (под углом 5...7° к горизонту) вращающийся с частотой 15... 20 об/мин барабан диаметром 600...1000 мм и длиной 3... 3,5 м, цилиндрическая обечайка которого состоит из нескольких просеивающих секций с различными размерами отверстий. Материал загружают в секцию с меньшими размерами отверстий. Производительность барабанных грохотов составляет 10...45 м<sup>3</sup>/ч при мощности двигателя 1,7...4,5 кВт. Из-за низкого качества грохочения и большого расхода энергии барабанные грохоты имеют ограниченное применение.

Большой эффективностью грохочения обладают грохоты с плоской просеивающей поверхностью, которой сообщают колебательное движение для встряхивания материала. К ним относятся **эксцентриковые и инерционные грохоты**.



а - эксцентриковый; б - инерционный наклонный; в, г - инерционный горизонтальный

Рисунок - Схемы плоских грохотов

**Эксцентриковые грохоты.** Работа эксцентрикового грохota основана на том, что развивающиеся при колебании подвижных частей машины силы инерции обеспечивают отрыв материала и его относительное перемещение вдоль просеивающей поверхности. В результате происходит разделение материала на верхний класс и нижний.

**Эксцентриковый грохот** (рис. а) состоит из наклонного под углом 15...25° короба 1 с ситами 6 и 8, шарнирно подвешенного к шейкам приводного вала 7 с дебалансами 5, и опирающегося по краям на пружины 2. При вращении вала, приводимого электродвигателем 3 через клиноременную передачу 4, материалу на просеивающей поверхности сообщаются круговые колебания, способствующие его прохождению в отверстия сит. Амплитуда колебаний данного грохota постоянна.

**Инерционные грохоты.** Данные грохоты принципиально отличаются от эксцентриковых отсутствием жесткой кинематической связи между движущим механизмом и коробом. Вследствие этого амплитуда свободных колебаний (вибраций) инерционного грохota является величиной переменной. Она изменяется в зависимости от загрузки грохota — с ее увеличением амплитуда колебаний короба, составляющая 3,7...4,5 мм, автоматически уменьшается, защищая конструкцию от перегрузок, частоты вращения дебалансов (неуравновешенные инерционные элементы) и других факторов. Поэтому работа вибрационного грохota зависит от равномерности подачи сортируемого материала.

Грохоты данного типа устанавливают и наклонно — с углом к горизонту 10...25° (рис. б), и горизонтально (рис. в и г).

Конструктивно наклонно устанавливаемые инерционные грохоты подобны эксцентриковым грохотам, но отличаются от последних формой приводного вала — прямого у первых и эксцентрикового у вторых. Вибрация короба с ситом вызывается действием центробежных сил инерции быстровращающихся масс дебалансов 5. Неуравновешенный вал 6 размещен на коробе 1 и вибрирует вместе с ним. Вибратор с одним таким валом вызывает круговые колебания подвижных частей грохota, а для относительного перемещения материала по просеивающей поверхности необходима наклонная установка короба (как у эксцентрикового грохota).

Наклонно установленные инерционные грохоты применяют для тяжелых условий работы при товарном грохочении, а также для предварительного грохочения крупнокусковых материалов перед первичным дроблением. В последнем случае вместо сит устанавливают колосники.

В горизонтальных инерционных грохотах источником колебаний является виброгенератор направленных колебаний 9, возмущающее усилие которого направлено к плоскости просеивающей поверхности под углом 35... 45°. Для получения направленных колебаний применяют виброгенераторы с двойным дебалансом. Их выполняют из двух неуравновешенных валов, синхронно вращающихся в противоположных направлениях.

Короб опирается либо на пружины (рис. в), либо на пластинчатые рессоры (рис. г). Просеивающей поверхности сообщаются эллиптические (в случае пружинных опор) или наклонные, близкие к прямолинейным (в случае рессор) колебания с амплитудой 8... 12 мм. По сравнению с наклонными горизонтальные грохоты обеспечивают большую производительность при прочих равных условиях и лучшее качество грохочения.

Производительность грохотов определяют по пропускной способности сит, пропорциональной их площади и зависящей от размера отверстий, угла наклона грохота к горизонту и других факторов.

#### **4. Машины для классификации песков и мойки каменных материалов.**

Пески по степени крупности зерен разделяют на *крупные, средние и мелкие*.

**Гидравлические и гидромеханические классификаторы** различных типов применяют для разделения песка на фракции (классификации).

В гидравлическом вертикальном **классификаторе с восходящим потоком** жидкости водно-гравийно-песчаную смесь (пульпу) подают в классификатор снизу через диффузор 4. В камере 2 скорость потока снижается, вследствие чего крупные частицы оседают в классификационной камере 1, в которую по коллектору 5 подают чистую воду. Восходящий поток воды захватывает мелкие частицы и выносит их через верхний сливной коллектор 3 в обезвоживающую установку, а крупные частицы, выпавшие из потока в классификационной камере, выводятся по разгрузочному патрубку 6, обезвоживаются и транспортируются на склад. Границу разделения фракций (0,5...3 мм) регулируют количеством подаваемой в классификационную камеру воды и давлением водяного потока.

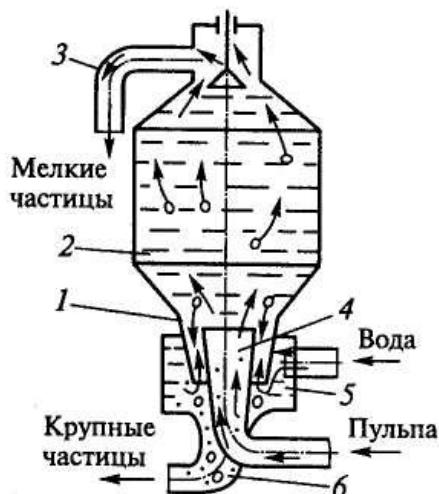


Рисунок - Схема вертикального классификатора

Для разделения на фракции мелких песков применяют центробежные классификаторы — **гидроциклоны**. Водно-песчаную смесь подают в гидроциклон под давлением 0,1...0,2 МПа по патрубку 2 касательно к внутренней поверхности верхней части корпуса 1. Двигаясь по спирали, более крупные частицы за счет центробежных сил отбрасываются к периферии камеры, выпадают из потока и выгружаются через насадок 5. Мелкие частицы подхватываются вихревым потоком в средней части циклона и по центральной трубе 3 выводятся в сливной коллектор 4.

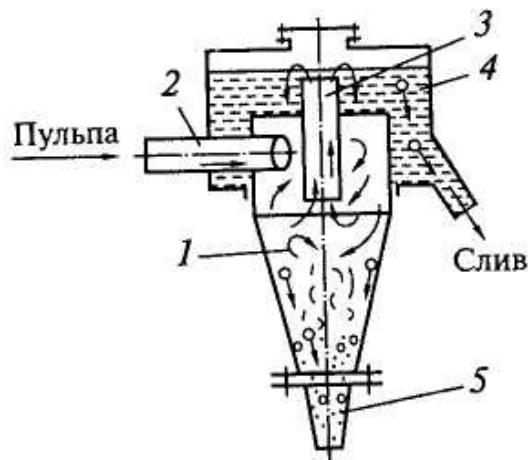


Рисунок - Схема гидроциклона

Каменные материалы промывают от засоряющих частиц либо одновременно с сортировкой, либо выполняя эту операцию самостоятельно. Совместно промывают материалы крупностью до 70 мм, слабо загрязненные легкоотделимыми примесями. Для этого на грохот по трубам из сопел подают воду под давлением 0,2...0,3 МПа. Расход воды составляет 1,5...5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> промываемого материала.

В цилиндрических гравиемойках-сортировках промывают материалы крупностью 300...350 мм. Они представляют собой барабанный грохот с дополнительной моющей секцией с поверхностью без отверстий. Вода поступает в гравиемойку вместе с материалом. Расход воды — до 2 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> материала.

Для промывки материалов со средне- и трудноотделяемыми включениями применяют вибрационные мойки с установленными на пружинных опорах 2 под небольшим углом наклона к горизонту рабочими ваннами в виде двух параллельно расположенных труб 3, перфорированных в нижней части для слива размытой глины. Ванне сообщаются колебания от вибратора 6. Встряхиваемый материал промывается водой из брызгального устройства, расположенного в верхней зоне ванны. Промытый материал разгружается через порог 4 и лоток 5.

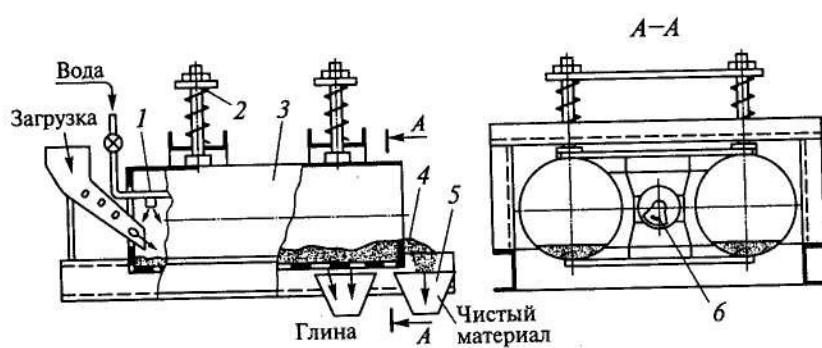


Рисунок - Вибрационная мойка

Сильно загрязненные гравий и щебень моют в скрубберах — барабанах с лопастями на их внутренней поверхности. Воду подают навстречу движению материала. Производительность скрубберов — до 100 м<sup>3</sup>/ч.