

Контрольные вопросы.

1. Какие типы свай используют для устройства свайных фундаментов? Какие из них получили наибольшее распространение в строительстве?
2. Какими способами погружают в грунт сваи заводского изготовления? Как изготавливают буронабивные сваи? Какие машины применяют для этого?
3. Для чего предназначены копры?
4. Какие машины используют в качестве базовых для работы с копровым оборудованием? Перечислите достоинства и недостатки работы копрового оборудования по сравнению с работой копров.
5. Для каких условий предпочтительно использовать копровое оборудование на базе автомобильных кранов?
6. Опишите способы бескопрового погружения свай. Какие машины применяют для этого?
7. Перечислите виды свайных молотов. Как они устроены и как работают? Назовите их основные параметры.
8. Какими преимуществами и недостатками обладают отдельные их виды? Назовите предпочтительные области их применения.
9. Для чего предназначены, как устроены и как работают вибропогружатели? Перечислите их преимущества и недостатки перед другими видами погружателей.
10. Для чего предназначены, как устроены и как работают вибромолоты?
11. В чем заключается самонастройка вибромолотов?
12. Назовите основные параметры вибромолотов.

Глава 17. Машины и оборудование для переработки каменных материалов.

17.1. Общие сведения.

Нерудные каменные материалы - гравий, щебень и песок - используют в строительстве в качестве заполнителей для изготовления бетонных и железобетонных изделий, сооружения частей зданий из монолитного бетона и железобетона, для устройства подстилающего слоя дорожного покрытия и в других случаях.

Гравий и песок добывают из естественных отложений механическим и гидравлическим способами, а *щебень* - из естественного камня путем его дробления.

Добываемые каменные материалы перерабатывают на камнедробильных и промывочно-сортировочных заводах, а затем, в виде готового продукта стандартного качества, доставляют потребителю.

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*.

В соответствии с действующими стандартами в полученном после обработки готовом продукте (гравии и щебне) допускается не более 15% лещадных зерен.

Механическая прочность щебня определяется прочностью исходной горной породы: малой (до 80 МПа), средней (80...150 МПа), высокой (150...250 МПа) и особо высокой (более 250 МПа) прочности.

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

В процессе переработки нерудных материалов для освобождения песка и в отдельных случаях щебня от глинистых и других вредных примесей их промывают и обезвоживают. В результате обезвоживания снижается влажность материала до уровня, допускающего его транспортирование и предотвращающего смерзание в зимнее время.

17.2. Машины для измельчения (дробления) каменных материалов.

В процессе дробления наиболее крупные зерна исходного материала со средним размером D измельчаются до среднего размера d - отношение $i = D/d$ называют *степенью дробления*. В зависимости от конечной крупности кусков дробления различают *крупное* (100...350

мм), *среднее* (40...100 мм), *мелкое* (5...40 мм) *дробление* и *помол* (от 5 мм и ниже).

Каменные материалы дробят *раздавливанием, раскапыванием, ударом и истиранием* другими способами (Рис 17.1).

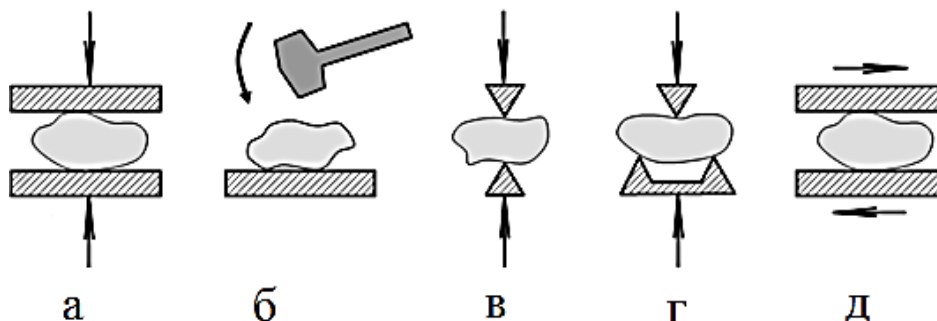


Рис 17.1-расм. Схема способов измельчения камней: *а* - раздавливанием ; *б* - ударом; *в* - раскапыванием; *г* - изгибом; *д* - истиранием.

Для дробления материалов применяют *дробилки*, реализующие первые три метода, а для помола - *мельницы*, измельчающие материалы ударом и истиранием. Некоторые дробилки могут работать как дробилки и как мельницы (например, валковые дробилки).

По принципу действия и конструктивным признакам дробилки делят на щековые, конусные, валковые, молотковые и роторные, а мельницы - на барабанные, шаровые, бегунковые и вибрационные. В строительстве наибольшее применение имеют щековые, конусные и роторные дробилки. Мельницы являются специальным заводским оборудованием промышленности строительных материалов и в настоящем учебнике не рассматриваются.

Дробление каменных материалов относится к наиболее древнему виду деятельности человека и восходит к 8 тысячелетию до нашей эры. Тогда человек для дробления использовал пест и ступку из камня. Позднее египтяне и китайцы использовали каменные жернова из двух камней, приводимых в движение ногой человека. Эти орудия применялись в основном в сельском хозяйстве и лишь отчасти в горном деле.

Создание дробилок как машин относится к XIX в. В 1806 г. в Англии появились дробильные валки, в 1858 г. инженером Э. Влеком (США) были созданы щековые дробилки, получившие широкое распространение. В 1870-х гг. в США была создана конусная дробилка, внедренная в практику в 1886 г. инженером Гейтсом. В

1890-х гг. в США были созданы дробилки ударного действия, а в начале XX в. - конусные дробилки мелкого и среднего дробления.

Дробилки характеризуются *производительностью, размерами загрузочного и разгрузочного отверстий, диапазоном регулирования разгрузочной щели, конструктивной степенью дробления*, определяемой как отношение ширины загрузочного отверстия к ширине разгрузочной щели, 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, установленных перед дробилками. Дробилки последних стадий работают, как правило, в замкнутом цикле виброгрохотом. При этом материал крупнее заданного возвращается в ту же дробилку для повторного дробления (рис. 17.2).

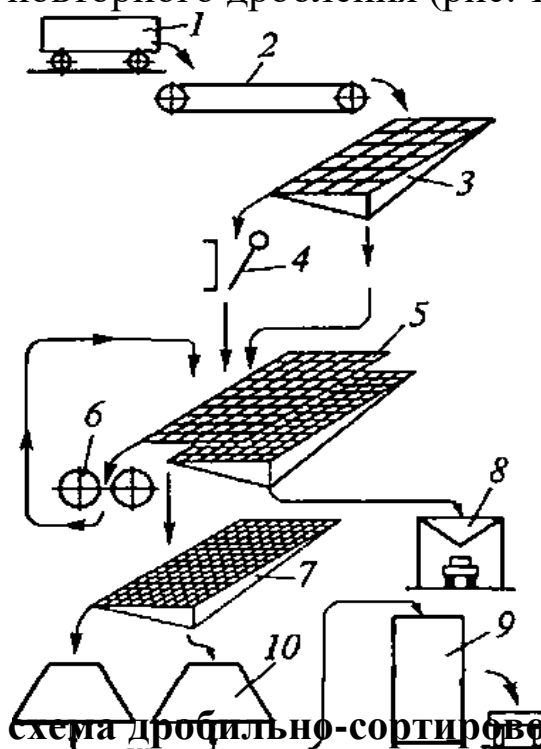


Рис. 17.2. Типовая схема дробильно-сортировочной установки: 1 - вагонетка; 2 - пластинчатый конвейер; 3 - колосниковый грохот; 4 - щековая дробилка; 5 и 7 - виброгрохоты; 6 - валковая дробилка; 8 - бункер для песка и пыли; 9 - расходный бункер; 10 - склады.

Щековые дробилки служат для измельчения нерудных материалов средней и большой твердости и, вследствие различных размеров приемного отверстия, применяются как на первой, так и на последующих стадиях дробления. Производительность их достигает

300 м 3 /ч. Главным параметром, характеризующим щековые дробилки, являются размеры загрузочного отверстия, которые могут быть от 175×250 до 2100×2500 мм. Различают щековые дробилки с простым, сложным и комбинированным движением подвижной щеки. На рис. 17.3,а представлена схема щековой дробилки с простым; а на рис. 17.3,б,в – со сложными движениями щеки. На станине 1 в подшипниках установлен эксцентриковый вал, на который свободно надеты шатун 3 или подвижная щека 3.

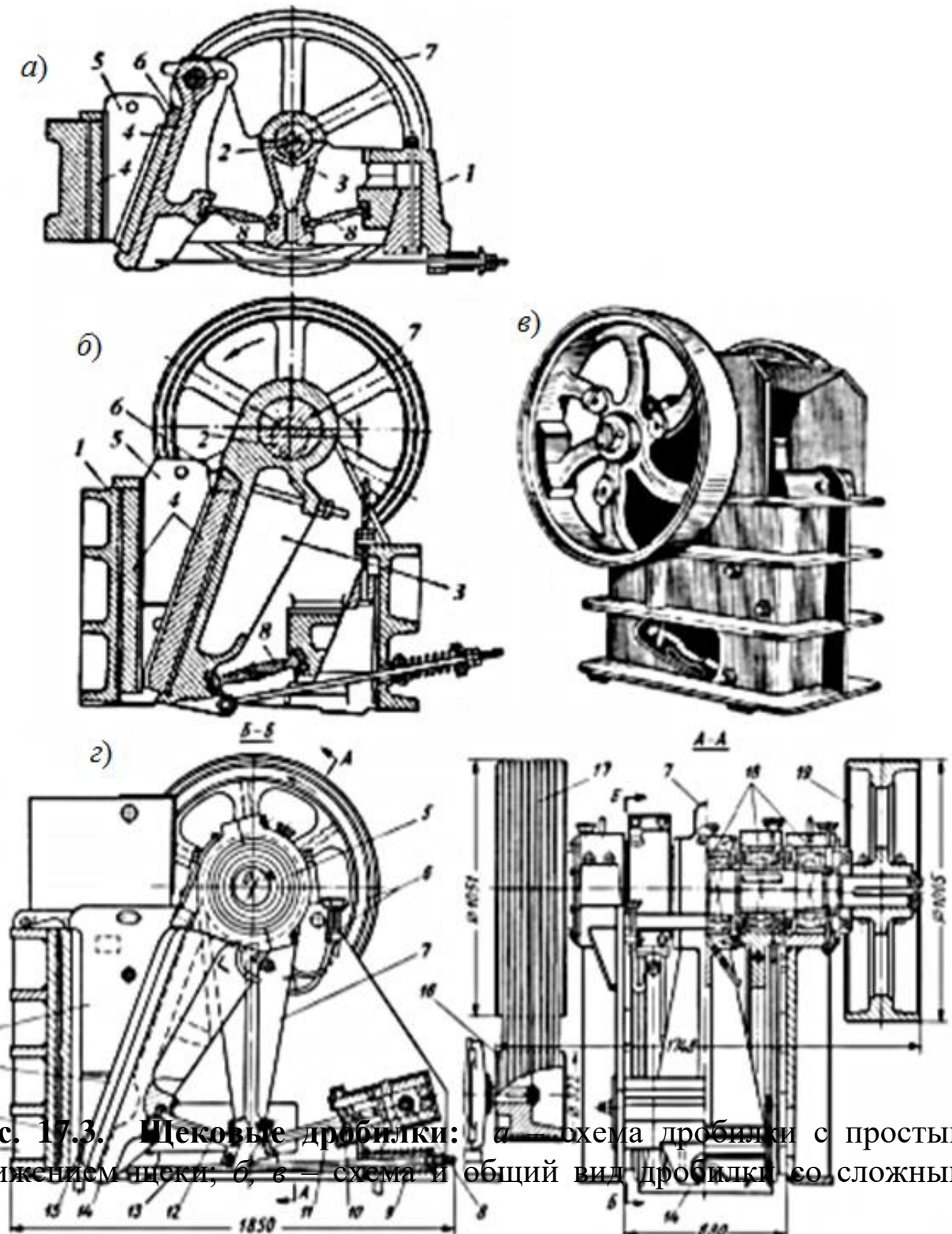


Рис. 17.3. Щековые дробилки: а — схема дробилки с простым движением щеки; б, в — схема и общий вид дробилки со сложным

движением щеки; z – схема дробилки с комбинированным движением щеки: 1 – станина; 2 – неподвижная дробящая плита; 3 – подвижная дробящая плита; 4 – верхняя футеровка; 5 – эксцентриковый вал; 6 – маслоуказатель; 7 – шатун; 8 – механизм регулирования выходной щели; 9 – пружина оттяжного устройства; 10 – тяга; 11 – задняя распорная плита (предохранительная); 12 – передняя распорная плита; 13 – тяга; 14 – качающаяся щека; 15 – нижняя футеровка; 16 – шкив электродвигателя; 17 – шкив дробилки; 18 – роликовые подшипники; 19 – маховик.

На станине и на подвижной щеке укреплены ребристые дробящие плиты 4 обычно изготавливаемые из марганцовистой стали. Внутренние боковые поверхности станины защищены от изнашивания предохранительными клиньями 5. Этими же боковыми клиньями закрепляется на станине неподвижная дробящая плита. Дробящая плита подвижной щеки закрепляется на щеке клиновыми накладками 6 с помощью болтов. На концах эксцентрикового вала установлены маховики 7, предназначенные для накопления энергии во время холостого хода и для передачи ее при дроблении. Один из маховиков часто используется в качестве приводного шкива для клиноременной передачи от электродвигателя. Для поддержания подвижной щеки в рабочем положении и передачи усилий на дробление служат распорные плиты 8, являющиеся также предохранительным устройством на случай попадания недробимого материала. При перегрузке дробилки они в первую очередь выходят из строя, оставляя неповрежденными более ответственные детали. Для ускорения отхода подвижной щеки и для удерживания распорных плит от выпадения служит тяга с пружиной. Кроме дробилок со сложным и простым качанием щеки выпускаются дробилки с комбинированным движением щеки (рис. 17.3, z). На эксцентриковом валу такой дробилки устанавливаются и шатун, и подвижная щека, что позволяет дробить материалы весьма твердых пород с пределом прочности при сжатии до 3000 кг/см^2 (до 300 МПа). В такой дробилке материал выталкивается под действием силы трения, направленной вниз, а подвижная щека при отходе остается параллельной первоначальному положению, что обеспечивает интенсивное продвижение дробимого материала. Это облегчает разгрузку дробилки и на 20...30% повышает ее производительность по сравнению с дробилками с простым качанием щеки. В последнее время началось производство щековых

камнедробилок с двумя подвижными щеками. Срок службы дробящих плит в этих дробилках в 2...3 раза превышает срок службы дробящих плит дробилок с одной дробящей щекой. Максимальная крупность загружаемых в щековую дробилку кусков составляет 80...90% ширины загрузочного отверстия. Удельная мощность щековых дробилок на 1 т/ч при степени измельчения $i=4$ составляет: 0,36...0,44 кВт для мягких пород; 0,59...0,74 кВт для пород средней твердости; 0,74...0,88 кВт для твердых пород. Большие значения соответствуют мелким и средним дробилкам. Гранулометрический состав дробленого продукта определяется в лаборатории просеиванием через сито, так, например, в результате дробления при ширине разгрузочного отверстия $d_{\max} = e+s=20+40=60$ мм получается щебень крупностью от 0 до 10 мм – 8%; от 10 до 30 мм – 30%; от 30 до 60 мм – 47% и более 60 мм – 15%. Величина разгрузочной щели щековых дробилок регулируется выдвиганием двухстороннего клина парой клиньев, сдвигаемых винтом 8, имеющим на разных сторонах левую и правую резьбы (рис. 17.3, з). Щековые дробилки с простым движением щеки изготавливаются с размерами загрузочного отверстия 400×600, 600×900, 900×1200, 1200×1500, 1500×2100 и 2100×2500 мм и щековых дробилок со сложным движением щеки – с размерами загрузочного отверстия 160×250, 250×400, 400×600, 600×900, 900×1200 и 1200×1500 мм.

Производительность щековых дробилок определяется по формуле:

$$P = 60 \cdot V \cdot n \cdot \mu; \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (17.1)$$

где V – объем материала, выпадающего за один ход подвижной щеки,

$$V = (2e + s) b \cdot h / 2; \text{ м}^3; \quad (17.2)$$

где e – минимальный зазор между дробящими плитами в м; s – максимальный отход подвижной щеки в м; b – длина разгрузочного отверстия в м; h – высота призмы материала, выпадающего из дробилки за один отход подвижной щеки, в м, $h = s/\text{tg}\alpha$;

где α – угол захвата между дробящими плитами в град.; n – число оборотов эксцентрикового вала в 1 мин (обычно – 200...250); μ – коэффициент, учитывающий наличие пустот между дробимыми кусками (колеблется в пределах 0,3...0,7).

Для упрощения расчета примем, что неподвижная щека расположена вертикально, а подвижная отклоняется параллельно, т.е. при увеличении ширины разгрузочной щели e на ход щеки s угол α остается неизменным (рис. 17.4.). При отклонении подвижной щеки в

правое крайнее положение раздробленный материал в виде призмы трапецеидального сечения под действием силы тяжести падает. На основании закона свободного падения тела время падения

$t_1 = \frac{\sqrt{2h}}{g}$; с, где: h – высота призмы материала, см; g – ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/сек}^2$.

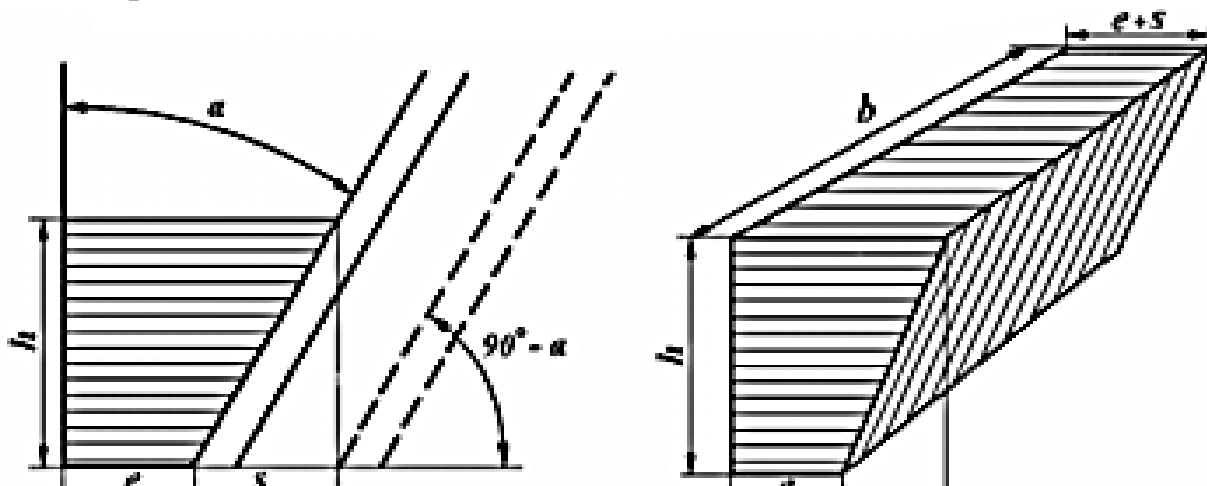


Рис. 17.4. Схема к расчету числа оборотов эксцентрикового вала щековой дробилки.

Для обеспечения наибольшей производительности дробилки надо, чтобы выпадение материала закончилось за время отхода подвижной щеки вправо t_2 , т.е. . Так как вал за один оборот совершает два качания (вправо и влево), $t_1 = t_2$ $t_2 = 60/2n$ секунд, где n – число оборотов эксцентрикового вала в минуту.

Из рассмотренного получаем

$$n = \frac{30}{\sqrt{2h/g}} = \frac{30}{\sqrt{2s/g \cdot \operatorname{tg} \alpha}} = 665 \sqrt{\operatorname{tg} \alpha / s}; \quad \text{об/мин.} \quad (17.3)$$

Так как истечение дробленого материала, находящегося под давлением, не точно совпадает с движением щеки, следует принимать $n \approx 500 \sqrt{\operatorname{tg} \alpha / s}$, об/мин.

С увеличением массы и хода подвижной щеки уменьшается число оборотов эксцентрикового вала, поэтому у более крупных дробилок, имеющих большие s , n меньше, чем у мелких.

Конусные дробилки различают по крупности материала. Они делятся на дробилки *крупного, среднего и мелкого дробления*. В строительстве применяют в основном дробилки среднего и мелкого дробления, используя их при многостадийном дроблении.

Главным параметром конусной дробилки является диаметр основания дробящего конуса, который входит в индекс типоразмера дробилки.

Например, КСД-2200 расшифровывается как конусная дробилка среднего дробления с диаметром дробящего конуса 2200 мм; КМД-2200 - тоже дробилка мелкого дробления.

Для получения качественного продукта нижняя часть камеры дробления у дробилок типов КСД и КМД имеет участок с параллельными образующими неподвижного и подвижного конусов, при прохождении которого материал калибруется кратным нагружением. При этом крупность продукта дробления определяется шириной щели в зоне максимального сближения конусов.

Конусные дробилки (рис. 17.5) применяют на всех стадиях дробления горных пород любой прочности, за исключением вязких материалов с большим содержанием глины. Крупность исходного материала при крупном дроблении составляет 400... 1200 мм, а при среднем и мелком дроблении 40...500 мм.

Камера дробления ограничена снаружи неподвижным конусом 5, а изнутри - подвижным конусом 4, посаженным на вал 3, эксцентрично вставленный в стакан 16, приводимый во вращение от вала через коническую зубчатую пару 14-1. При вращении стакана подвижный конус совершает круговые (*гирационные*) движения относительно вертикальной оси стакана так, что зоны наибольшего и диаметрально противоположного наименьшего его сближений с неподвижным конусом 13 непрерывно перемещаются по кругу последнего.

В зоне сближения конусов происходит раздавливание и истирание материала, а в зоне отхода - его разгрузка. Исходный материал загружают через приемную коробку 8, откуда он ссыпается на распределительную тарелку 7, закрепленную на валу 3, и при вращении вала равномерно распределяется по кольцу дробящей камеры. Неподвижный конус установлен на кольцевом бандаже 10 соединенном резьбой с опорным кольцом 7. Последнее опирается на станину 12, прижимаясь к ней пружинами 2. Резьбовое соединение служит для регулирования размера разгрузочной щели, в том числе и при износе защитных футеровок би 9 дробящих конусов, а соединение с помощью пружин для предохранения от поломок при попадании в камеру дробления недробимого включения. В указанном случае

опорное кольцо приподнимается над станиной, пропуская в разгрузочную щель недробимое включение.

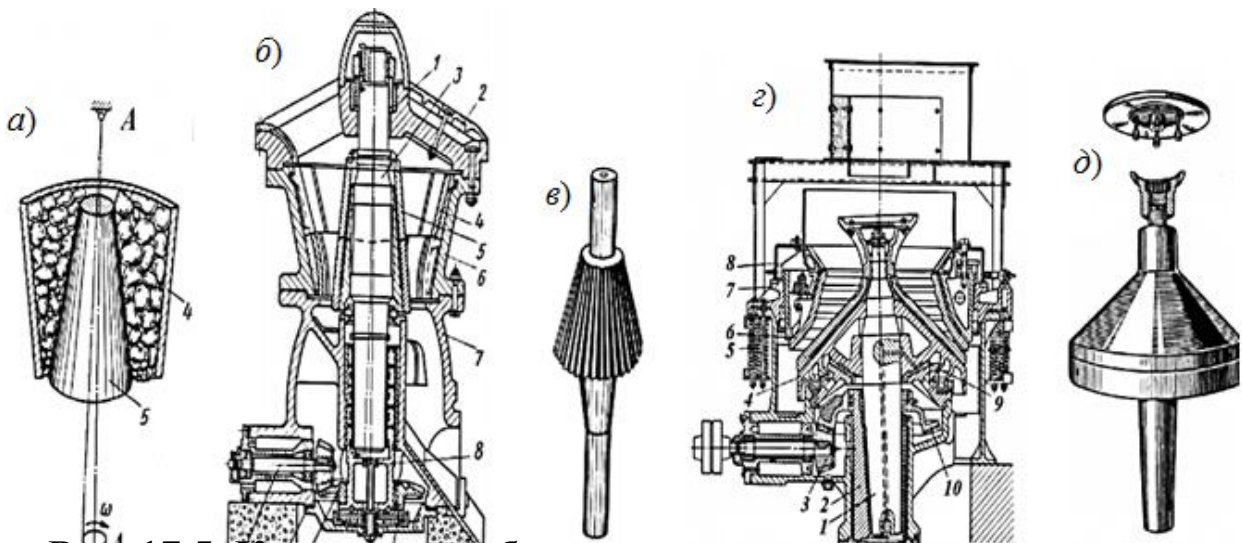


Рис. 17.5. Конусная дробилка с крутым и пологим конусом:

Производительность конусных дробилок среднего и мелкого дробления определяется из формулы:

$$P_T = 3600 \cdot K_p \cdot V \cdot n = 3600 \cdot \pi \cdot D_k \cdot K_p n \cdot \ell \cdot e; \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (17.4)$$

где K_p - коэффициент разрыхления дробимого материала, равный отношению объема определенной массы исходного материала к объему продукта дробления (в среднем $K_p = 0,45$); n - частота вращения дробящего конуса, с^{-1} ; e - ширина выходной щели в зоне максимального сближения конусов, м; ℓ - длина участка калибровки, м; D_k - диаметр основания дробящего конуса, м.

Производительность конусных дробилок крупного дробления определяется из следующей формулы:

$$P_T = 3600 \cdot K_p \cdot V_n = 3600 \cdot \pi \cdot D_n \cdot K_p \cdot n \cdot \frac{(t+r) \cdot r}{\text{tg}\alpha_1 + \text{tg}\alpha_2}, \quad \text{м}^3/\text{ч}. \quad (17.5)$$

где D_n - диаметр подвижного конуса, м.

Валковые дробилки (рис. 17.6) применяют для среднего вторичного дробления пород средней и малой прочности, а также вязких и влажных материалов с исходными размерами кусков от 20 до 100 мм.

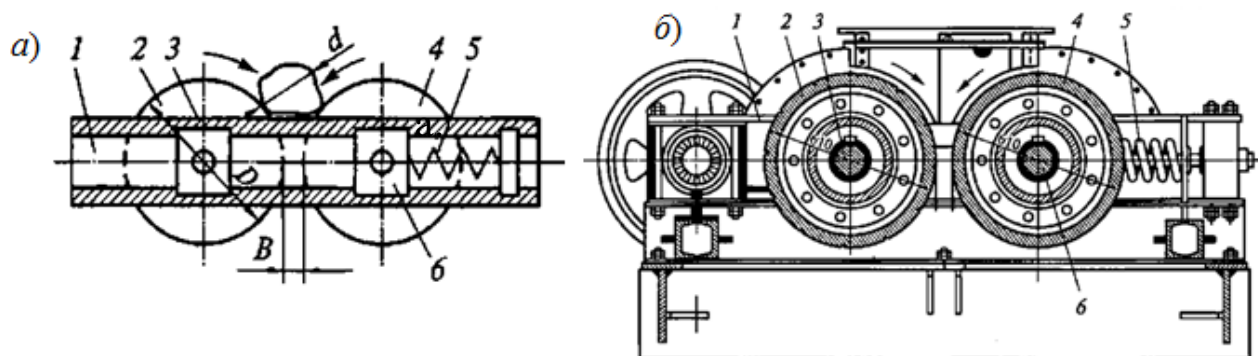


Рис. 17.6. Валковая дробилка (а) и ее конструктивная схема (б).

Рабочими органами являются вращающиеся навстречу друг другу цилиндрические валки 2 и 4 с гладкой или рифленой рабочей поверхностью. Попадающие в рабочую зону куски материала увлекаются трением о них валков и затягиваются в межвалковое пространство, подвергаясь раздавливанию, излому и истиранию, а при рифленых валках - еще и раскалыванию. Валки смонтированы на станине 1 на подшипниках 6, один из которых опирается на пружину 5, позволяющей валку отодвигаться при попадании в рабочую зону недробимого предмета.

Производительность валковых дробилок определяется из следующей формулы:

$$P = 3600 \cdot K_p \cdot b \cdot L \cdot \pi \cdot D_v \cdot n, \quad \text{м}^3/\text{ч.} \quad (17.6)$$

где b - ширина разгрузочной щели, м; L, D_v - длина и диаметр валка, м; n - частота вращения валка, с^{-1} ; K_p - коэффициент, учитывающий использование длины валков, степень разрыхления материала, неравномерность его подачи ($K_p = 0,1 \dots 0,3$, для мягких и $K_p = 0,4 \dots 0,5$ для твердых пород).

Дробилки ударного действия предназначены главным образом для дробления неабразивных пород с пределом прочности до 1500 кг/см^2 и приготовления мелких фракций щебня. Они не требуют предварительного размельчения материала и не нуждаются во вспомогательных приспособлениях. Измельчение материала в молотковых дробилках идет непрерывно, благодаря чему они обладают высокой производительностью. Сопротивление горных пород ударным нагрузкам значительно ниже, чем в дробилках других типов. Хрупкость и трещиноватость являются благоприятными факторами для измельчения материала в дробилках ударного действия, а твердость имеет меньшее значение, но пластичные материалы дробятся в молотковых дробилках плохо. Молотковые дробилки используются для дробления шлака, кирпичного боя, пемзы, известняка и других материалов невысокой твердости с влажностью, при которой колосниковые решетки не забиваются. При снятых колосниковых решетках дробилки применяют для дробления материалов повышенной влажности.

Молотковые дробилки изготавливаются производительностью от 5...6 до 80...100 м³/ч. Степень измельчения у молотковых дробилок достигает $i = 12...15$. Молотковые дробилки универсальны, так как молоткам можно придать любую форму и сделать их различного веса, приспособив для дробления самых разнообразных материалов – от твердого известняка и свинцовых руд до волокнистых веществ. Они отличаются малым удельным расходом энергии, малым весом и высокой надежностью. Дробление материала в молотковых дробилках осуществляется под действием удара по нему молотков, шарнирно закрепленных к дискам вращающегося ротора. К недостаткам молотковых дробилок надо отнести следующее:

а) при работе на абразивных материалах (в особенности кремнистых) молотки и футеровка сравнительно быстро изнашиваются;

б) при работе с очень влажными (глинистыми) материалами молотки «залипают» и дробилка останавливается;

в) при перегрузке дробилки забиваются и останавливаются.

Эти дробилки требуют равномерной подачи материала питателем и не могут работать под «завалом». Молотковые дробилки используются для мелкого дробления (до 10 мм), и для крупного при загрузке кусков размером до 1200 мм, хотя чаще ограничиваются кусками не крупнее 500...600 мм. В некоторых случаях молотковые дробилки вытесняют другие машины, так как одна такая дробилка может заменить две последовательно установленные дробилки других типов, давая продукт, пригодный для измельчения в шаровых мельницах. Молотковые дробилки бывают однороторные и двухроторные. По расположению молотков в роторе дробилки бывают однорядные, когда 3...6 молотков расположены в одной плоскости вращения, и многорядные, когда молотки расположены в нескольких плоскостях. Однороторные дробилки дают степень измельчения 10...15, двухроторные – 30...40.

Типичной конструкцией молотковой дробилки является дробилка СМД- 97А (рис.17.7). Она состоит из сварного корпуса, ротора, установленного на горизонтальном валу, и колосниковых решеток, расположенных под ротором. Корпус дробилки служит опорой для всех узлов, а также для формирования камеры дробления. Верхняя часть корпуса выполнена раскрывающейся с целью обеспечения удобства смены молотков. Внутренняя поверхность корпуса футерована сменными плитами. Ротор дробилки состоит из

дисков, закрепленных на валу и отделенных один от другого распорными кольцами. Через отверстия в дисках пропущены оси, на которые шарнирно посажены молотки. Ротор приводится во вращение от электродвигателя через эластичную муфту. В корпусе дробилки установлены две колосниковые решетки: поворотная и выкатная. Первая верхним концом подвешена на двух полуосях, а нижним концом опирается на регулировочное устройство. Вторая устанавливается на рельсах под ротором. Рельсы соединены с регулировочным устройством, с помощью которого решетка может быть приближена к ротору или удалена от него. На передней стенке корпуса дробилки установлены отбойная плита и отбойный брус. Положение их относительно окружности вращения ротора – регулируемое.

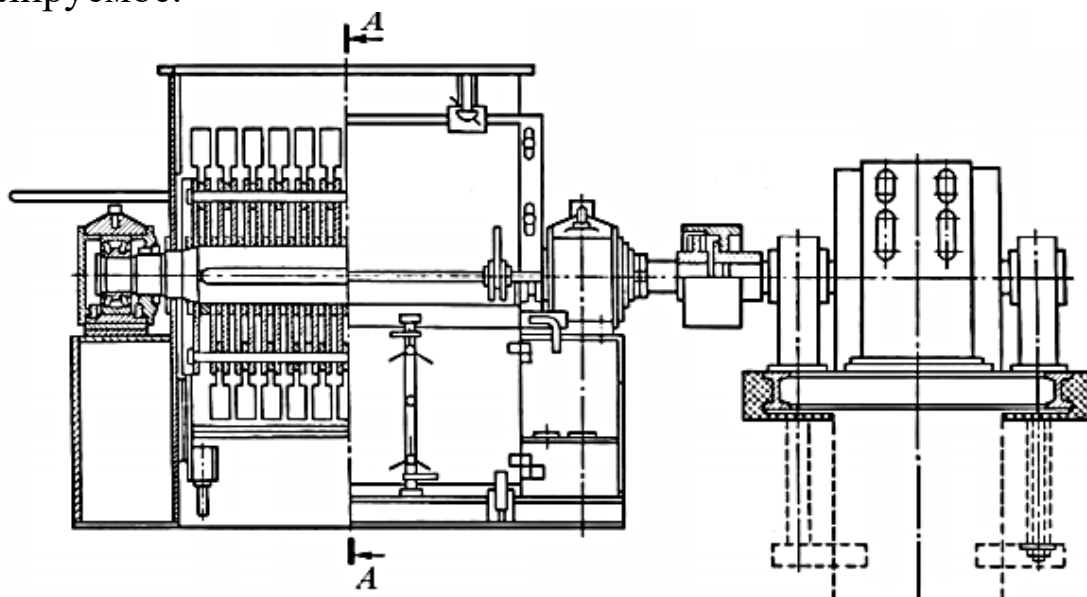


Рис. 17.7. Молотковая дробилка СМД-97А: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – молоток; 4 – отбойная плита; 5 – отбойный брус; 6 – поворотная колосниковая решетка; 7 – выкатная колосниковая решетка.

В молотковой дробилке дробление материалов совершается ударами быстро вращающихся молотков и соударениями кусков с плитами и колосниковыми решетками. Окружная скорость молотков

дробилки СМД-97А равна 60 м/с. Реверсивные дробилки изготавливают с ротором, который может вращаться в обе стороны. Это дает возможность выравнивать износ молотков и колосников решетки, не прибегая к перестановке молотков. Иначе говоря, реверсивная работа удлиняет срок службы молотков. Загрузочная воронка у этих дробилок всегда расположена центрально, вдоль оси ротора, а колосники симметричны относительно своих осей.

Ударные роторные дробилки (рис.17.8.) служат для дробления известняков любой прочности и хрупких каменных материалов с прочностью на сжатие до 1500 кг/см² (150 МПа). Производительность их колеблется от 40 до 400 м³ /ч, а степень измельчения достигает $i = 25$. Дробилки позволяют получать из крупных камней щебень нужной фракции, минуя вторичное дробление. При загрузочном отверстии шириной до 1400 мм возможна загрузка кусков крупностью до 1100 мм. Дробилки ударного действия (роторные) отличаются от щековых и конусных дробилок меньшим весом, меньшим удельным расходом энергии, надежностью в работе и высокой производительностью. Они могут быть одно и двухроторными. Предусматривается изготовление однороторных дробилок с загрузочным отверстием шириной 350, 500, 700, 1000 и 1400 мм. Для безопасности на загрузочном отверстии имеется цепная завеса. Особенностью двухроторной молотковой дробилки с жестким креплением молотков является наличие колосниковой решетки, расположенной в вертикальной плоскости. Такое расположение колосниковой решетки по сравнению с горизонтальными колосниками позволяет большему числу частиц, достигших необходимой крупности, пройти через решетку и выпасть из дробилки без лишней затраты энергии, которая расходуется, если раздробленные куски задерживаются в зоне дробления. Колосники решетки расположены таким образом, что слишком крупные куски дробимого материала отбрасываются колосниками в сферу действия правого ротора и вновь подвергаются дроблению ударами молотков. Кроме того, в дробилках этой конструкции имеется возможность регулировать траекторию движения поступающих кусков в зависимости от характера дробимого материала так, что молотки будут ударять по кускам в зоне, наиболее эффективной для дробления данного материала.

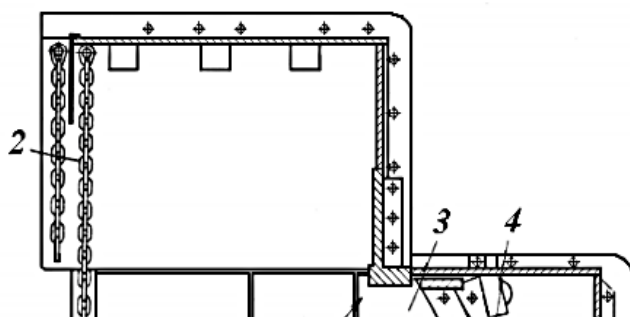


Рис. 17.8. Двухроторная дробилка с жестко закрепленными молотками.

При работе дробилки материал подается на загрузочную плиту 1 и поступает в зону действия ротора 6. Здесь камень подвергается удару молотков 7, которые дробят большие куски и отбрасывают мелкие на колосниковую решетку 4 и футеровку камеры дробления 3. Большая часть мелких кусков проходит через решетку и поступает на транспортер для дробленого материала. Куски, которые не пройдут через решетку, будут падать на второй ротор 5, молотки которого далее дробят эти куски, и они вторично будут отброшены на решетку. Завесы 2, образованные цепями, предохраняют вылет кусков из дробилки. Выделение пыли можно уменьшить при помощи одной или нескольких завес, образованных из армированной резины. При желании, вместо цепей можно также применять полосы резины с тем, чтобы они перекрывали друг друга по краям. Молотки реверсивны, так что если одна сторона оказывается изношенной, то молотки можно повернуть.

Производительность молотковых и ударно-роторных дробилок можно ориентировочно определить по формуле:

$$П = \frac{L \cdot D \cdot n \cdot k}{3600 \cdot (C-1)}, \text{ т/ч.} \quad (17.6)$$

где L – длина ротора в м; D – диаметр наружной окружности вращения молотков в м; n – число оборотов ротора в минуту; k – коэффициент, зависящий от конструкции дробилки и твердости дробимого материала. $k = 0,2$); C – степень дробления.

Мощность двигателя молотковой камнедробилки рассчитывают по эмпирическим формулам:

$$N = 0,15 \cdot D^2 \cdot L \cdot n ; \quad \text{кВт,} \quad \text{или} \quad N = 7,5 \cdot D \cdot L \cdot (n/60) \text{ кВт.} \quad (17.7)$$

где D – диаметр ротора в м; L – длина ротора в м; n – число оборотов в минуту.

Удельная мощность дробилок ударного действия на 1 т/ч при степени измельчения $i = 8 \dots 12$ составляет от 1,03 до 2 кВт. На всех дробилках ударного действия происходит очистка материала от пылеватых частиц и обогащение, т.к. разрушение происходит по трещинам.

17.3. Сортировочные машины.

Сортировкой называют процесс разделения естественных или раздробленных материалов на фракции по крупности *механическим, гидравлическим или воздушным способами*. Наиболее распространен механический способ просеиванием на грохотах, называемый *грохочением*. Основной частью грохота является просеивающая поверхность 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 просеивающей поверхности 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^I, 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 %.

Для механической сортировки щебня на фракции применяют вращающиеся (цилиндрические и конические) и плоские (вибрационные и качающиеся) грохоты. Просеивающая поверхность грохотов может быть выполнена из колосников, решет и сит (рис.17.9.). Преимущества вращающихся грохотов заключаются в более тщательной сортировке и более продолжительном сроке службы. Однако по сравнению с плоскими грохотами они занимают больше места.

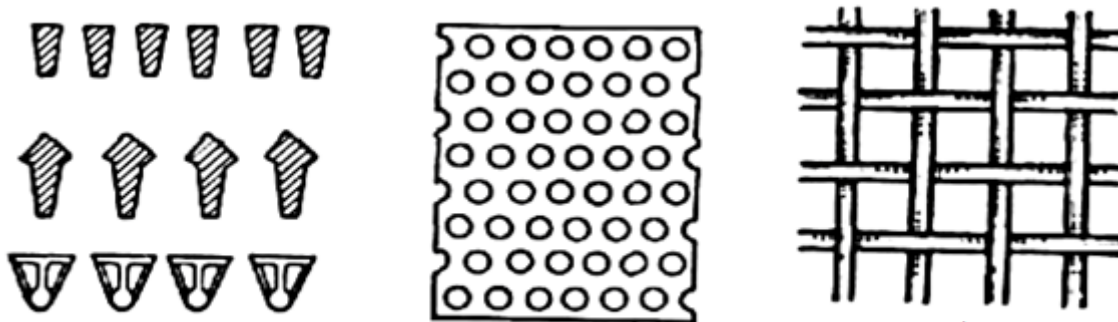


Рис. 17.9. Рабочие поверхности грохотов: *а* – колосники; *б* – решетка; *в* – сито.

Грохоты могут иметь одну, две или несколько просеивающих поверхностей. Наиболее часто в грохотах устанавливают три просеивающие поверхности, которые располагаются по одной из следующих схем:

1. Сита расположены в один ряд (рис. 17.10, *а*). Недостатки схемы: быстрое изнашивание первого сита, низкое качество грохочения (мелкие частицы увлекаются более крупными), значительная длина грохота. Достоинства схемы: простота, удобство наблюдения и ремонта сит.

2. Сита расположены ярусами (рис. 17.10, *б*). Недостатки схемы: сложность наблюдения за состоянием сит, затруднения при смене сит, некоторая сложность конструкции. Достоинства схемы: высокое качество сортировки, равномерное изнашивание сит, уменьшение степени крошения материала.

3. Смешанное расположение сит (рис. 17.10, *в*). Эта схема в сравнении с предыдущими занимает промежуточное положение и является наиболее распространенной.

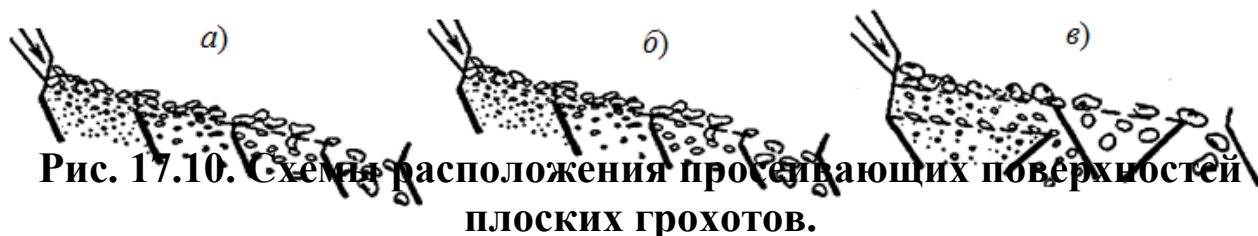


Рис. 17.10. Схемы расположения просеивающих поверхностей плоских грохотов.

Грохоты по конструкции разделяются на плоские и цилиндрические, причем плоские грохоты выполняются неподвижными и подвижными. В цилиндрических грохотах чаще встречается расположение решеток или сит в один ряд.

Цилиндрические грохоты устанавливаются с некоторым наклоном к горизонтали, под углом $3...7^\circ$. Величина отверстий в отдельных секциях (ситах) грохота должна удовлетворять установленным размерам щебня. Поскольку секции цилиндрического грохота изогнуты, размер отверстий в них должен быть на $10...20\%$ больше получаемого щебня. Сита изготавливают из стальных штампованных листов; при малых отверстиях применяют проволочные сита. Диаметр вращающихся грохотов колеблется от 500 до 3000 мм, а длина от 2 до 15 м. Наиболее часто встречаются грохоты диаметром 800...1000 мм и длиной 2...5 м. Чем длиннее грохот, тем совершеннее грохочение, однако тем он тяжелее, что требует большей мощности. Цилиндрические грохоты как самостоятельные машины в строительстве применяются редко, чаще они являются составными частями гравиемоек - сортировок.

Барабанный грохот (рис. 17.11) представляет собой цилиндр 5, который вращается на подшипниках, расположенных по оси вращения барабана или на приводных роликах 7, установленных на раме 8. Барабан состоит из нескольких цилиндрических решет или сит с различными отверстиями. Сортируемый материал поступает внутрь барабана со стороны привода и по уклону в $5...7^\circ$, а также в результате вращения перемещается к противоположному концу барабана. Вначале отсеиваются самые мелкие частички, затем средние и крупные. Самые крупные частицы выходят из барабана с противоположного его торца. Барабанные грохоты предназначены для сухого грохочения, но часто используются для одновременной мойки щебня в дополнительной цилиндрической секции без отверстий. Барабанные грохоты характеризуются низким использованием поверхности решет (всего лишь до 20%), невысоким качеством грохочения, большим весом и размерами при малой производительности.

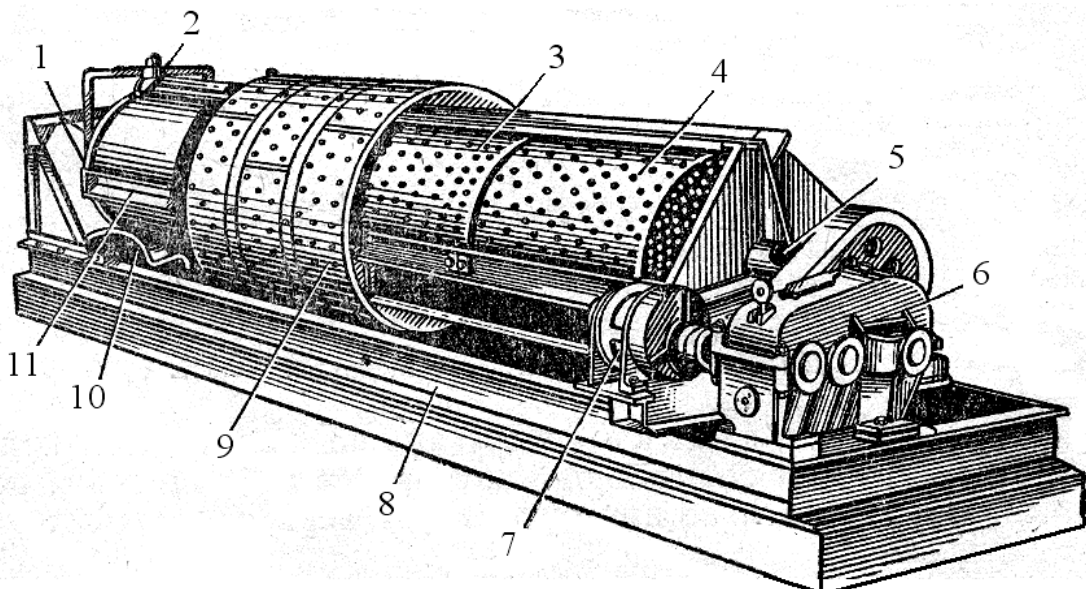


Рис. 17.11. Барабанные грохоты.

Производительность вращающегося грохота можно определить по приближенной формуле:

$$\Pi = 0,6 \cdot \gamma \cdot n \cdot \operatorname{tg}(2\alpha) \cdot \sqrt{R^3 \cdot h^3} \quad \text{т/ч.} \quad (17.8)$$

где γ – объемный вес материала в т/м³; n – число оборотов барабана в минуту; R – радиус барабана в м; α – угол наклона барабана к горизонту, равный 3...7°; h – высота наполнения барабана в м (обычно равна двойному максимальному размеру сортируемого камня).

Плоские грохоты. К неподвижным плоским грохотам относятся колосниковые решетки, перекрывающие бункера и устанавливаемые перед дробилками. Подвижные плоские грохоты делятся на колосниковые, качающиеся с возвратно-поступательным движением, качающиеся, эксцентрикковые и инерционные. Подвижные колосниковые грохоты обычно применяются в качестве питателей дробилок. Качающиеся грохоты обеспечивают сортировку поверхностей материала за счет его перемещения по ситам в результате взаимодействия сил тяжести с силами инерции и трения. Они широко применяются для просеивания песка на растворных узлах. Эксцентрикковые грохоты совершают плоско-параллельное движение по круговой траектории. Частота колебаний равна числу оборотов эксцентриккового вала (1000...1200 в минуту), а величина амплитуды – эксцентриситету шеек. При вращении эксцентриккового вала подвижная рама совершает круговые движения, направленные навстречу потоку материала, что способствует лучшей сортировке. Для уравнивания сил инерции на валу установлены противовесы. Эксцентрикковые грохоты имеют размеры до 1500 × 4500 мм. Эксцентрикковые и инерционные грохоты изготавливаются с двумя и тремя ситами. Угол наклона сит колеблется от 0 до 30° в зависимости от конструкции. Производительность грохотов разных размеров составляет 15...300 м³/ч.

Инерционные (вибрационные) грохоты обеспечивают сортировку материала за счет вибрации, возникающей в результате действия сил инерции вращающихся неуравновешенных масс. Эффективная сортировка достигается на инерционных грохотах с вибраторами направленного действия. Вибрационный грохот (рис. 17.12) состоит из нескольких сит, установленных на раме, которая

помещена на пружинах или рессорах. Там же на подшипниках установлен вибратор направленного действия, приводимый от электродвигателя через ременную передачу. Двигатель установлен на неподвижной раме грохота. Вибратор состоит из двух валов с дебалансами. Валы соединены шестернями. Под действием вибратора рама на пружинах перемещается, соответственно происходит передвижение по решетам и сортировка материала.

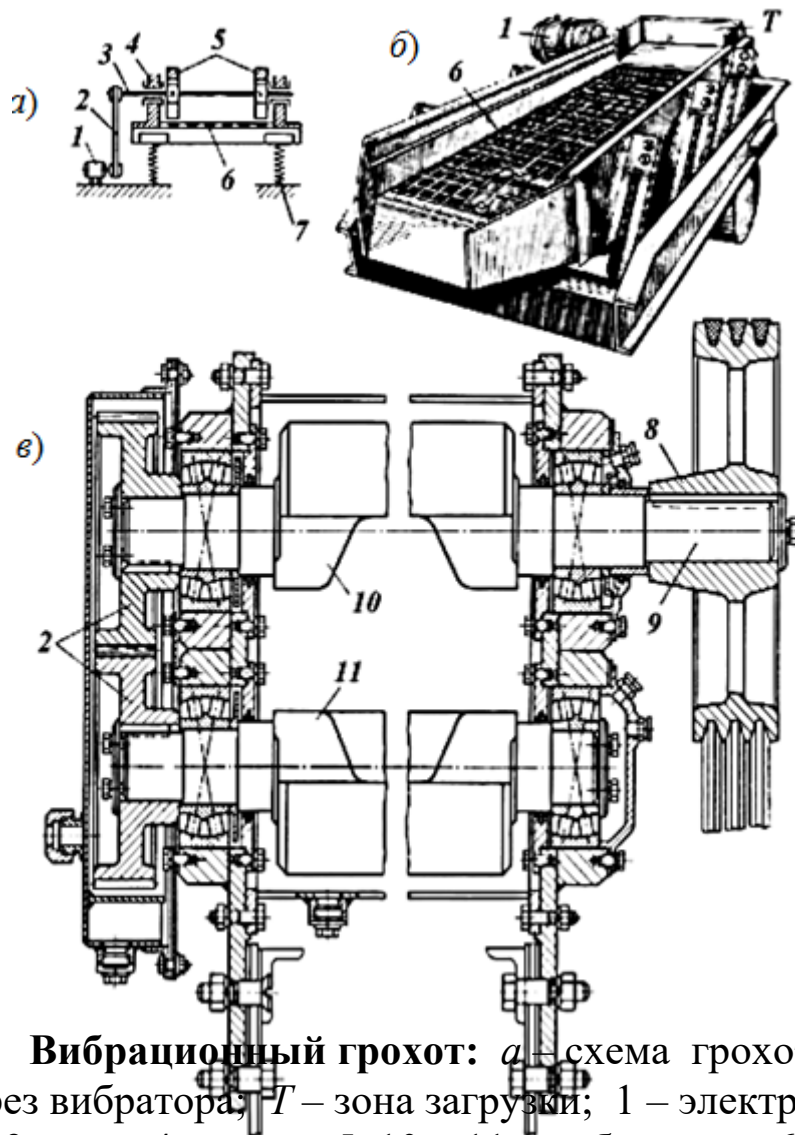


Рис. 17.12. Вибрационный грохот: *а* – схема грохота; *б* – общий вид; *в* – разрез вибратора; *T* – зона загрузки; 1 – электродвигатель; 2 – ремень 3 – вал; 4 – рама; 5, 10 и 11 – дебалансы; 6 – сито; 7 – пружины; 8 – шкив; 9 – вал дебаланса; 12 – шестерня.

Производительность горизонтальных вибрационных грохотов определяют по формуле:

$$(17.9) \quad \Pi = A \cdot q \cdot k \cdot k_1 \cdot k_2 \quad ; \quad \text{м}^3/\text{ч}.$$

где A – площадь сита в м^2 ; q – производительность 1 м^2 сита в $\text{м}^3/\text{ч}$, в зависимости от размера отверстий сита (от 5 до 85 мм) изменяется от 18 до 92 $\text{м}^3/\text{ч}$; k – коэффициент, зависящий от материала для гравийно-

песчаной смеси, $k = 0,8$, для дробленых материалов $k = 0,65$; k_1 – коэффициент, учитывающий содержание наименьших частиц в щебне; при изменении этого содержания от 10 до 90% изменяется от 0,58 до 1,25; k_2 – коэффициент, учитывающий содержание среди наименьших частиц зерен размером меньше половины отверстия сита, при изменении этого содержания от 10 до 90% изменяется от 0,63 до 1,37

Для сортировки и обогащения песка и мелкого щебня все шире применяется пневмокласификация как в потоке воздуха, так и в виброкипящем слое с использованием горячего воздуха. Такой способ обеспылевания снижает экологическое давление на окружающую среду по сравнению с промывкой водой этих строительных материалов.

17.4. Гидравлические классификаторы и моечные машины.

Гидравлические и гидромеханические классификаторы различных типов применяют для разделения песка на фракции (*классификации*). На рис. 17.13 представлена принципиальная схема гидравлического вертикального классификатора 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 (0,5...3 мм) регулируют количеством подаваемой в классификационную камеру воды и давлением водяного потока.

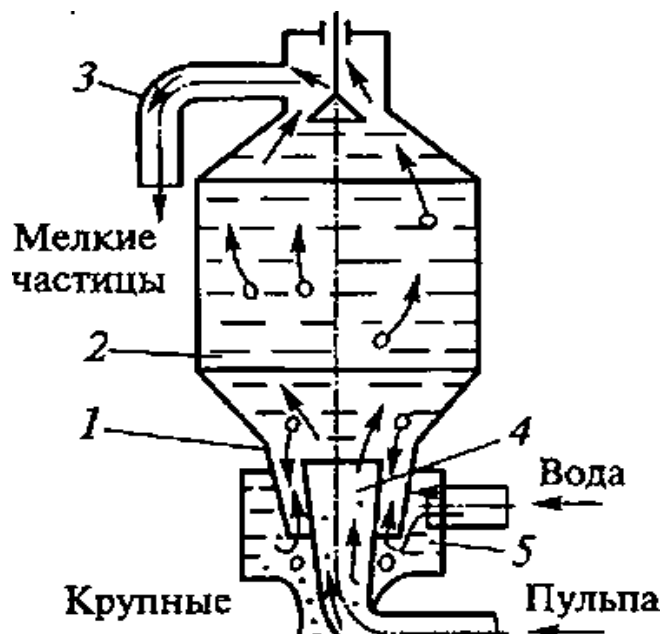


Рис. 17.13. Схема вертикального классификатора с восходящим потоком жидкости.

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 касательно к внутренней поверхности верхней части корпуса. Двигаясь по спирали, более крупные частицы за счет центробежных сил отбрасываются к периферии камеры, выпадают из потока и выгружаются через насадок. Мелкие частицы подхватываются вихревым потоком в средней части циклона и по центральной трубе выводятся в сливной коллектор.

Каменные материалы промывают от засоряющих частиц либо одновременно с сортировкой, либо выполняя эту операцию самостоятельно. Совмещенно 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 м³ на 1 м³ 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 м³ на 1 м³ материала. А-А

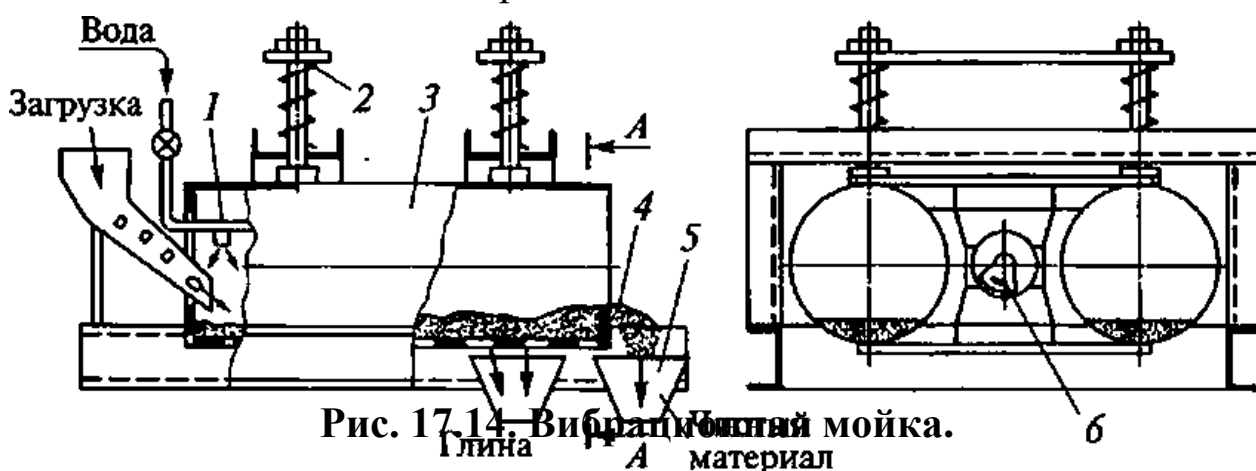


Рис. 17.14. Вибрационная мойка.

Сильно загрязненные гравий и щебень моют в *скрубберах* - барабанах с лопастями на их внутренней поверхности. Воду подают

навстречу движению материала. Производительность скрубберов - до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для промывки материалов со средне и трудноотделяемыми включениями применяют *вибрационные мойки* (рис. 17.14) 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.

Контрольные вопросы.

1. Какими параметрами характеризуется качество гравия и щебня? Как классифицируют пески по крупности зерен? Для чего обезвоживают песок и щебень?

2. Что такое степень дробления? Перечислите виды дробления по этому параметру. Какими способами и какими машинами дробят (измельчают) каменные материалы? Перечислите виды дробилок и мельниц. Какими параметрами характеризуются дробилки? Для чего применяют многостадийное дробление?

3. Для чего применяют, как устроены и как работают щековые, конусные, валковые, роторные и молотковые дробилки? Как регулируют размер разгрузочной щели? Какими мерами предохраняют дробилки от поломок при попадании в камеру дробления недробимых предметов? Назовите основные параметры дробилок. Приведите сравнительную оценку эффективности дробилок различных типов. Как определяют их производительность?

4. Какими способами сортируют каменные материалы? Что такое грохочение? Назовите виды просеивающей поверхности грохотов. Что такое нижний и верхний классы? Что такое эффективность грохочения? Каковы ее значения для применяемых грохотов? Что такое предварительное, промежуточное и товарное грохочение? Перечислите схемы расположения сит (решет) на грохотах и приведите их сравнительную оценку.

5. Приведите классификацию грохотов. В каких случаях их применяют и каков принцип их действия? Приведите сравнительную оценку их эффективности.

6. Для чего применяют и каков принцип работы гидравлических классификаторов и гидроциклонов?

7. Какими способами очищают каменные материалы от засоряющих примесей? Какие машины для этого используют? Изложите схемы их устройства и принцип действия.

Глава 18. Машины и оборудование для приготовления бетонных смесей и строительных растворов.

18.1. Дозаторы.

Бетон представляет собой искусственный каменный материал, получаемый из смеси вяжущих веществ, воды и заполнителей после ее формования и затвердевания. Строительные растворы не имеют в своем составе крупных заполнителей. Доформования эти тщательно смешанные компоненты называют соответственно *бетонной смесью и строительным раствором*.

Приготовление бетонных смесей и строительных растворов состоит из *дозирования* компонентов и их *перемешивания*. Для дозирования применяют дозаторы, а для перемешивания - смесительные машины или смесители.

Дозаторы бывают объемными и весовыми. Первыми дозаторами материалы дозируют по объему, а вторыми - по массе. Объемные дозаторы более просты, но менее точны из-за непостоянства плотности и влажности дозируемых сыпучих материалов и условий заполнения мерных емкостей. Их применяют обычно для дозирования воды. Для дозирования сыпучих материалов их используют только в условиях строительных площадок для смесителей с объемом готового замеса до 250 л.

По режиму работы различают дозаторы *циклические (порционные) и непрерывного действия*. В порционных дозаторах материал дозируется в мерном или весовом бункере, а в дозаторах непрерывного действия материал подают в смесители непрерывным потоком с заданной производительностью. Управляют дозаторами автоматически или полуавтоматически с пульта управления.