

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов, автомобилей и машин для природообустройства

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОРТИРОВКИ И УПЛОТНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания к лабораторным занятиям
для студентов, обучающихся по специальности
1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ*

Горки
БГСХА
2019

УДК 631.86/.87(072)

ББК 39.9.я7

П45

*Рекомендовано методической комиссией
факультета механизации сельского хозяйства.
Протокол № 9 от 29 мая 2018 г.*

Авторы:

старший преподаватель *Н. С. Сентюров*;
кандидат технических наук, доцент *С. Г. Рубец*;
кандидат технических наук, доцент *В. М. Горелько*;
кандидат технических наук, доцент *А. В. Пашкевич*

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент *В. И. Коцуба*

П45 **Подъемно-транспортные машины. Машины и оборудование для сортировки и уплотнения строительных материалов** : методические указания к лабораторным занятиям / Н. С. Сентюров [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 76 с.

Описаны устройство и принцип работы наиболее сложных механизмов машин и оборудования для сортировки и уплотнения строительных материалов, приведены основные неисправности и способы их устранения. Даны указания по изучению конструкций механизмов.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

УДК 631.86/.87(072)

ББК 39.9.я7

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

Лабораторная работа № 1. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОРТИРОВКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Цель работы

1. Изучить технические характеристики машин и оборудования для сортировки строительных материалов.
2. Изучить устройство, работу и регулировки машин и оборудования для сортировки строительных материалов.
3. Ознакомиться с возможными неисправностями механизмов машин и оборудования для сортировки строительных материалов и способами их устранения.
4. Ознакомиться с правилами техники безопасности во время эксплуатации и при техническом обслуживании машин и оборудования для сортировки строительных материалов.

1.2. Оснащение и учебно-наглядные пособия

1. Учебные плакаты по изучению конструкций механизмов машин и оборудования для сортировки строительных материалов.
2. Технические средства обучения.

1.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию, принцип работы и регулировки узлов и агрегатов машин и оборудования для сортировки строительных материалов.
2. Изучить особенности эксплуатации сортировочного оборудования.
3. Изучить технику безопасности при работе на сортировочных машинах.

1.4. Общие сведения

При производстве строительных материалов (песок, гравий, щебень и др.) исходное сырье в большинстве случаев представляет собой неоднородную по крупности смесь, содержащую различные примеси и включения. В процессе переработки сырья исходный материал иногда необходимо разделять на отдельные сорта по крупности, а также уда-

лить из него примеси и включения, снижающие его качество. Процесс разделения смеси на отдельные сорта по крупности называется сортировкой.

Сортировка может производиться механическим (грохочение), воздушным (сепарация), гидравлическим (классификация) и магнитным (сепарация) способами. Наиболее распространен механический способ сортировки, при котором разделение материала по крупности производится с помощью машин и устройств, снабженных разделительными просеивающими поверхностями (плоскими или криволинейными), – грохотов. Сыпучая смесь, поступающая на грохочение, называется исходным материалом. Зерна материала, размер которых превышает размер отверстий поверхности грохочения, остаются на этой поверхности и называются надрешетным (верхним) классом; зерна, прошедшие через отверстия поверхности, – подрешетным (нижним) классом. Надрешетный класс обозначается знаком «плюс», подрешетный – «минус».

Просеивающей поверхностью вибрационных грохотов является колосниковая решетка или сито, которые расположены в горизонтальной или наклонной плоскости и приводятся в колебательное движение. Благодаря колебательным движениям просеивающей поверхности материал, поступающий на нее, перемещается к разгрузочному концу грохота.

Просеивающие поверхности могут совершать круговые, эллиптические или криволинейные движения. Обычно для наклонных грохотов характерны все три вида движения, а для горизонтальных – прямолинейные, направленные под углом $35...45^\circ$ к просеивающей поверхности.

При переработке строительных материалов, например нерудных, применяют следующие виды грохочения:

предварительное, при котором из исходной горной массы выделяется материал негабаритных размеров или материал, не требующий дробления в машинах первой стадии дробления;

промежуточное для выделения продукта, не требующего дробления в последней стадии;

контрольное, применяемое за последней стадией дробления для контроля крупности готового продукта и выделения отходов;

окончательное, или товарное, для разделения готового продукта на товарные фракции.

1.5. Способы сортировки и применяемое оборудование

Механическая сортировка (грохочение) – процесс разделения исходной массы по крупности на плоских или криволинейных просеивающих поверхностях – колосниковых решетках или ситах с отверстиями заданного размера, которые приводятся в движение приводом машины.

Машины и устройства механической сортировки классифицируются по следующим признакам:

по типу просеивающей поверхности – на колосниковые, барабанные, решетчатые, ситные, струнные и валковые;

по форме просеивающей поверхности – на плоские и изогнутые;

по расположению просеивающей поверхности в пространстве – на горизонтальные, наклонные и вертикальные;

по характеру движения просеивающей поверхности – на неподвижные, качающиеся, вибрирующие и вращающиеся.

Колосниковые грохоты предназначены для грубого предварительного отделения крупных кусков перед дроблением и бывают неподвижные и подвижные. Просеивающая поверхность этих грохотов представляет собой набор колосников 1 (рис. 1.1), укрепленных на общей раме с помощью стяжных болтов 3 на некотором расстоянии друг от друга. Расстояние между колосниками регулируется с помощью распорных шайб 2. В неподвижных грохотах материал движется по просеивающей поверхности под действием силы тяжести кусков, для чего грохот устанавливается под углом, превышающим угол трения материала по сити. Подвижные колосниковые грохоты имеют приводы, сообщающие просеивающей поверхности качательное или вибрационное движение, что обеспечивает более интенсивный процесс грохочения. Такие грохоты используются для равномерной загрузки дробилок материалом.

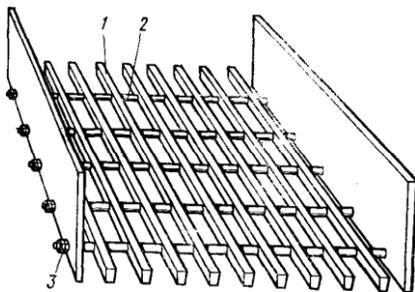


Рис. 1.1. Неподвижный колосниковый грохот

Барабанные грохоты по форме просеивающей поверхности бывают цилиндрическими, коническими, призматическими или пирамидальными. Барабаны малых грохотов изготавливаются с центральным валом, к которому на спицах крепят просеивающую поверхность. Тяжелые барабанные грохоты вращаются на бандажах, опирающихся на ролики. Привод барабанных грохотов состоит из электродвигателя и редуктора. Материал подается непрерывно внутрь барабана, за счет трения увлекается его внутренней поверхностью и по достижении высоты, соответствующей углу естественного откоса материала, скатывается вниз, просеиваясь сквозь отверстия в барабане. Продольное перемещение материала обеспечивается наклоном центральной оси барабана ($4...7^\circ$) и его вращением. Частота вращения барабанных грохотов ограничена величиной центробежных сил, прижимающих куски материала к просеивающей поверхности.

Преимуществами барабанных грохотов являются уравновешенность и тихоходность, что позволяет устанавливать их на верхних этажах сортировочных заводов. К недостаткам относятся малая удельная производительность и низкая эффективность грохочения. Они громоздки и имеют большую массу. Изготовление и ремонт просеивающих поверхностей усложнено из-за изогнутой их формы.

Валковые грохоты (рис. 1.2) состоят из набора параллельных, расположенных на некотором расстоянии друг от друга валков 1, установленных на наклонной раме 2 и вращающихся в направлении движения материала.

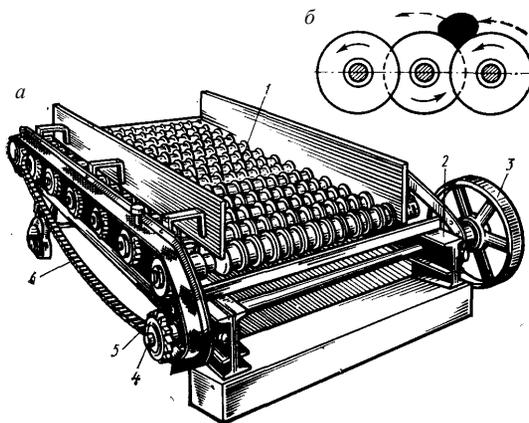


Рис. 1.2. Валковый грохот: а – общий вид; б – схема движения материала

На валки насажены или отлиты заодно с ними круглые или фигурные диски. При сортировке каменных материалов применяются круглые диски, причем каждый последующий валок с дисками должен вращаться быстрее предыдущего. Диски насажены на валок эксцентрично для разрыхления материала и продвижения его по грохоту. Привод грохота осуществляется от электродвигателя через ременную передачу, ведомый шкив 3 которой насажен на главный вал 4. От главного вала движение передается через звездочки 5 и цепную передачу 6 на каждый валок.

Валковые грохоты используются для предварительного крупного грохочения материалов повышенной абразивности и в качестве питателей дробящих и транспортирующих машин.

Наибольшее распространение в промышленности строительных материалов получили вибрационные грохоты с плоскими просеивающими поверхностями.

Воздушная сортировка (сепарация) представляет собой разделение материала по крупности частиц и их удельному весу за счет различной скорости осаждения в воздушном потоке под действием силы тяжести или центробежных сил и сил сопротивления среды. Воздушная сортировка производится в специальных устройствах и машинах – воздушных сепараторах, которые применяются для обеспечения работы помольных машин при производстве цемента, гипса, извести и других материалов (в замкнутом цикле) и при сочетании помола с сушкой. Работа воздушных сепараторов, как и грохотов, характеризуется эффективностью сортировки (67...80 %) и засоренностью фракций (60...70 %).

Гидравлическая сортировка (классификация) представляет собой разделение материала по крупности частиц, их удельному весу и различной смачиваемости в воде или других жидкостях за счет различной скорости их осаждения. Гидравлической классификации подвергается смесь, крупность частиц которой не превышает 5 мм (песок). Гидравлическая классификация осуществляется в специальных аппаратах-классификаторах.

По принципу действия они подразделяются на классификаторы свободного и стесненного падения, по характеру движения гидросмеси – на горизонтальные и вертикальные. Вертикальные классификаторы просты по конструкции, надежны в работе и при невысоких требованиях к точности классификации могут быть использованы для обогащения строительных песков. Горизонтальные классификаторы по харак-

теру осаждения частиц в классификационных камерах подразделяются на две группы: со свободным и стесненным падением частиц.

Первая группа горизонтальных классификаторов, обычно камерных, представляет собой удлиненные желоба призматического или пирамидального сечения, разделенные по длине несколькими перегородками. В нижней части каждой камеры имеется сливное отверстие, прикрываемое электромагнитным клапаном. В классификатор поступает сильно разжиженная пульпа, которая движется с малой скоростью. Благодаря этому происходит осаждение частиц: вначале более крупных, в конце более мелких. Эффективность работы таких классификаторов низкая, поэтому они применяются для классификации мелкого заполнителя, применяемого в низкомарочных бетонах.

Для более высокой точности разделения материала по фракциям используют классификаторы стесненного падения с восходящим потоком воды. Такие классификаторы имеют малые габариты, относительно высокую производительность при эффективности классификации 85..95 %.

Электромагнитная сортировка (сепарация) основана на различии воздействия магнитного поля на частицы, обладающие и не обладающие магнитными свойствами. Этот вид сортировки применяется для извлечения из потока материала металлических предметов, которые могут повредить дробильно-помольное оборудование, удаления металлосодержащих частиц, которые загрязняют нерудные ископаемые и снижают качество готового продукта. Для магнитной сепарации применяют электромагнитные сепараторы циклического и непрерывного действия, работающие в сухом и мокром процессах. Для повышения эффективности работы электромагнитных сепараторов используют индукционные датчики и усилительную аппаратуру.

1.6. Грохоты с плоскими рабочими органами

1.6.1. Конструкция просеивающих поверхностей

Просеивающие поверхности являются основным рабочим органом грохотов, от качества и конструкции которых зависят эффективность грохочения, производительность и бесперебойность работы машин. Просеивающие поверхности изготавливаются в виде сита – плетеной или сварной проволочной сетки, решета – стального листа со штампованными отверстиями и колосниковой решетки. Используются также резиновые штампованные или литые решета, а также сетки из резинового шнура (струнные сита). Достоинством струнных сит являются более

высокие производительность и эффективность грохочения при сортировке материалов, склонных к налипанию, а также экономичность (долговечность) при сортировке абразивных материалов.

Проволочные сита (рис. 1.3) применяются для мелкого грохочения (1...50 мм) и должны отвечать следующим требованиям: живое сечение сита, т. е. отношение суммарной площади отверстий ко всей площади сита должно быть наибольшим; форма изгиба проволоки не должна изменяться при грохочении, сито должно быть долговечным и не корродироваться. Проволочные сита различаются по способу переплетения (рис. 1.3, а), форме ячеек (рис. 1.3, б), сечению проволоки (рис. 1.3, в) и ее форме (рис. 1.3, в, з).

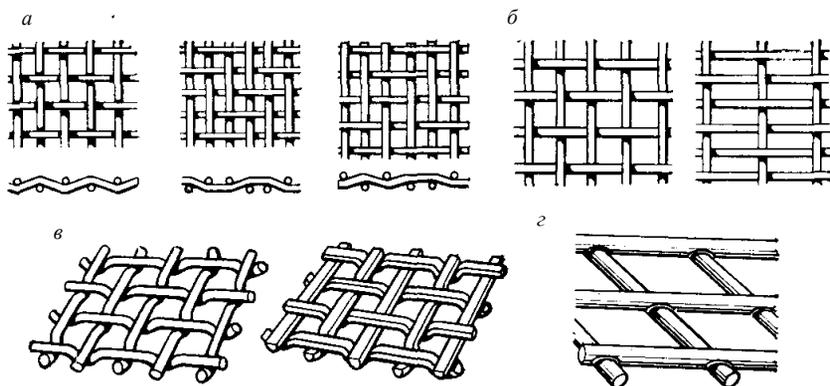


Рис. 1.3. Проволочные сита

На рис. 1.3, з изображено проволочное сварное сито, изготавливаемое из стальных прутков диаметром 7...8 мм. Размером отверстий – 60...100 мм. Форма отверстий сит может быть квадратной или прямоугольной. При прямоугольных отверстиях производительность грохота выше, однако засоренность нижнего продукта лещадными зернами в этом случае значительно возрастает.

Проволочные сита имеют наибольшее живое сечение (до 70 %), что особенно важно при мелком грохочении.

Срок службы сит существенно зависит от характера и надежности их крепления в коробе грохота. Сита, выполненные из проволоки диаметром до 5 мм, крепят при помощи поперечных и продольных растяжек (рис. 1.4, в, з).

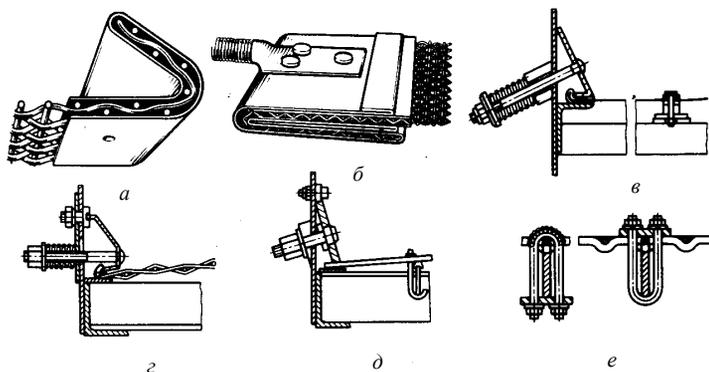


Рис. 1.4. Крепления сит

Предварительно кромки сит отбортовывают листовой сталью (рис. 1.4, а, б). Сита из толстой проволоки и решета крепят прижимами по краям (рис. 1.4, д) и в середине (рис. 1.4, е). Правильно закрепленное сито должно плотно прилегать к опорной рамке. Расстояние между опорами должно быть таким, чтобы сито не прогибалось под действием массы материала и не отставало от опор во время работы грохота. В промышленности строительных материалов применяют качающиеся и вибрационные грохоты с плоскими ситами (решетами).

Решета (рис. 1.5) применяются для крупного и среднего грохочения (диаметр отверстий – 10...80 мм). Отверстия в решетах могут быть круглой (рис. 5, а), квадратной (рис. 5, б) или прямоугольной (рис. 5, в) формы. От этого зависит величина живого сечения поверхности: при круглой форме отверстий – около 40 %, при квадратной – около 60 %, при прямоугольной – 70...80 %.

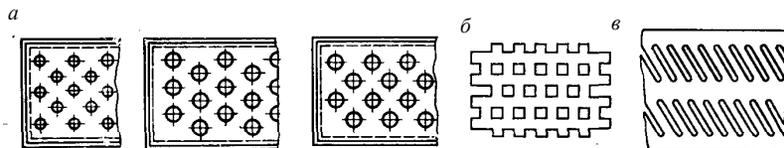


Рис. 1.5. Решета

Колосниковые решетки (см. рис. 1.1) – колосники (металлические прокатные балки или рельсы) – изготавливаются из износостойкой стали, отличающейся высоким ударным сопротивлением. В сечении колосни-

ки должны быть трапецидальной или подобной ей формы, с тем чтобы щелевидные зазоры между колосниками расширялись книзу и не забивались материалом. Применяются для предварительного грохочения крупнокусковой (до 1000 мм) смеси, а также для крупного грохочения материала с размером кусков 200...500 мм.

1.6.2. Конструкция грохотов

В качающихся грохотах (рис. 1.6, *a*) короб с ситами подвешивается на тягах и совершает колебательные движения с частотой $2...7\text{ с}^{-1}$, которые ему сообщает шатунно-кривошипный механизм. Грохоты применяются для сортирования непрочных, сильнопылящих материалов.

Вибрационные грохоты – это машины, у которых привод сообщает просеивающим поверхностям и находящемуся на них материалу колебательное движение, что снижает силы трения между частицами, повышает их подвижность и способствует интенсивному просеиванию с высоким коэффициентом эффективности (до 90 %).

Вибрационные грохоты классифицируются по типу привода, виду колебаний рабочего органа и режиму работы. По типу привода виброгрохоты разделяются на грохоты с принудительной кинематикой от эксцентрикового привода – гирационные (рис. 1.6, *б*) и с силовым возбуждением от вибратора – инерционные (рис. 1.6, *з*). В зависимости от режима работы грохоты бывают нерезонансного и резонансного действия. При резонансной настройке у грохотов с принудительной кинематикой значительно уменьшается мощность приводного двигателя, а у инерционных грохотов уменьшаются вынуждающая сила и мощность приводного электродвигателя.

В зависимости от размеров и плотности сортируемых материалов различают легкие, средние и тяжелые виброгрохоты. Легкие вибрационные грохоты применяют в основном в угольной промышленности. В промышленности строительных материалов для промежуточного и окончательного грохочения применяются виброгрохоты среднего и тяжелого типов. Наиболее распространены инерционные наклонные грохоты с круговыми колебаниями среднего (ГИС) и тяжелого (ГИТ) типа и инерционные горизонтальные грохоты с направленными колебаниями (ГСС).

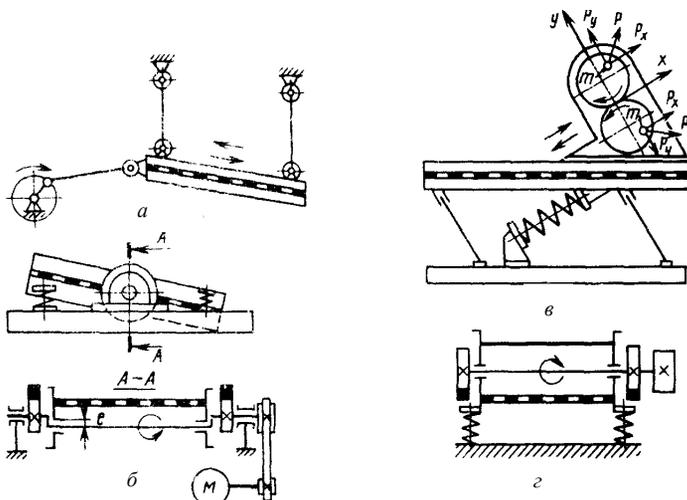


Рис. 1.6. Схемы грохотов: *а* – качающегося; *б* – гирационного; *в* – с направленными колебаниями; *г* – вибрационного инерционного

В эксцентриковых грохотах короб с ситами совершает круговые колебания в вертикальной плоскости с радиусом, равным эксцентриситету e вала, установленного в коренных подшипниках, прикрепленных к раме. При этом сита остаются практически параллельными самим себе в течение всего оборота вала. Для разгрузки коренных подшипников от центробежной силы инерции, возникающей при вращении короба, на валу устанавливают дебалансы. Эксцентриковые грохоты применяют для сортировки крупнокусковых материалов. В последние годы их заменяют более простыми инерционными грохотами.

Гиращонный грохот. На сварной раме *1* (рис. 1.7, *а*), выполненной из швеллеров, устанавливается на подшипниках *8* эксцентриковый вал *7*. Два других подшипника этого вала закрепляются на боковых стенках подвижного короба *9*. Короб имеет продольную стенку, поперечные связи *10* и заднюю стенку *11*. Внутри корпуса располагаются два яруса сита *5*: верхнее – с крупными ячейками, нижнее – с мелкими. Короб в четырех точках устанавливается на раму на пружинных амортизаторах *4*. Грохот может быть подвешен к несущим конструкциям здания *б* на тросах *3* или установлен на фундаменте на опорах (аморти-

заторах) 2 (рис. 1.7, б). Привод грохота осуществляется электродвигателем 12 через ременную передачу 13.

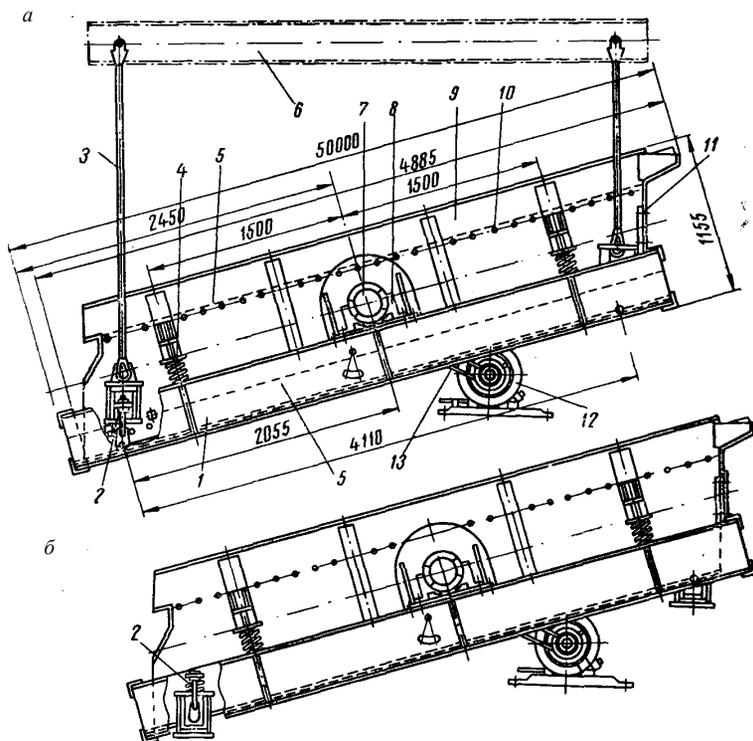


Рис. 1.7. Эксцентриковый (гирационный) грохот: а – установка грохота на тросах; б – установка грохота на амортизаторах

Грохоты ГИС (рис. 1.8) предназначены для промежуточного, контрольного и окончательного грохочения. Грохот состоит из металлического корпуса 1, внутри которого расположены сита 5 и б; вибровозбудителя, состоящего из вала 2 с дебалансами 3, расположенными симметрично на концах вала; привода, состоящего из электродвигателя 8 и клиноременной передачи 7 и пружинных амортизаторов 4, с помощью которых грохот устанавливается на фундамент или подвешивается к перекрытию здания. При вращении дебалансов возникают центробежные силы инерции, вызывающие круговые колебания корпуса. Под дей-

ствием этих колебаний исходный материал, поступающий на верхний конец верхнего сита, начинает перемещаться вдоль сит к разгрузочному концу и одновременно просеивается через отверстия сит. Вал вибровозбудителя вращается в двух роликоподшипниках, корпуса которых крепятся к корпусу. Вал защищен от пыли и ударов кусков материала трубой. Сита к корпусу крепятся деревянными клиньями и растягиваются.

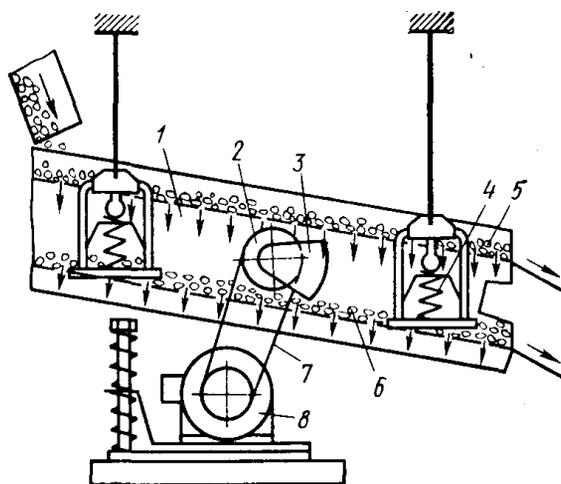


Рис. 1.8. Инерционный виброгрохот среднего типа (ГИС)

При работе грохота вал вибровозбудителя совершает вращательное (относительно собственной оси) и круговое (относительно оси, проходящей через центр тяжести грохота) движения. Так как положение центра тяжести может меняться в зависимости от массы материала, находящегося на ситах, то величина амплитуды колебаний у такого грохота непостоянна, т. е. вал совершает колебательное движение, что отрицательно отражается на долговечности ременной передачи и электродвигателя. Для предотвращения интенсивного износа ремней и передачи колебаний на вал двигателя приводной шкив насажен на вал вибратора с эксцентриситетом, равным амплитуде колебаний корпуса грохота в установившемся режиме. Поскольку амплитуда колебаний корпуса грохота зависит от величины нагрузки на сита, инерционные грохоты обладают способностью «самозащиты» от перегрузок: при увеличении нагрузки амплитуда колебаний автоматически уменьшается и нагрузка

на подшипники практически остается постоянной. Это свойство позволяет использовать инерционные наклонные грохоты для рассеивания крупнокускового материала. С этой целью и созданы инерционные грохоты тяжелого типа, просеивающие поверхности которых представляют собой колосниковые решетки.

Грохот ГИТ (рис. 1.9) имеет футерованный короб 1, внутри которого размещены на разных уровнях колосниковые решетки 2. Короб установлен на опорных кронштейнах рамы с помощью пакетов винтовых пружин 3. Решетки устанавливаются под углом наклона $0...30^\circ$ к горизонту.

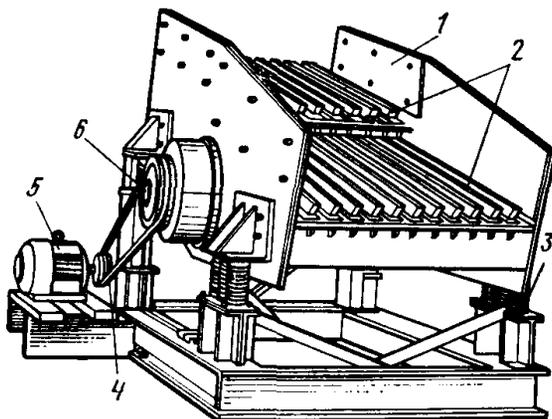


Рис. 1.9. Инерционный виброгрохот тяжелого типа (ГИТ)

Расстояние между колосниками составляет $70...200$ мм, причем пролет между ними по высоте в направлении от загрузки материала к выгрузке увеличивается для предотвращения забивания материалом. Вал вибровозбудителя 6 приводится во вращение от электродвигателя 5 через клиноременную передачу 4.

Самоцентрирующиеся грохоты. Конструкция короба, его установка, крепление сит этого грохота мало чем отличаются от инерционного грохота. Представляет интерес устройство вибрационного механизма (рис. 1.10).

На коробе грохота 2, который подвешивается на амортизаторах к опорной конструкции, смонтированы подшипники 4 в корпусах 5. В подшипниках установлен прямой вал 3, защищенный кожухом 1. На концах вала эксцентрично посажены приводные шкивы 6 с автома-

тическими дебалансами 7, подвешенными на пружинах 8 к ступице шкива. Дебалансы вступают в работу лишь тогда, когда вал наберет рабочую скорость, т. е. неуравновешенная масса дебалансов создаст центробежную силу, способную растянуть пружины. В этот момент центры тяжести дебалансов располагаются на расчетных радиусах и будут создавать номинальную возмущающую силу. Такая система вибромеханизма облегчает переход через резонансные режимы при пуске и остановке машины.

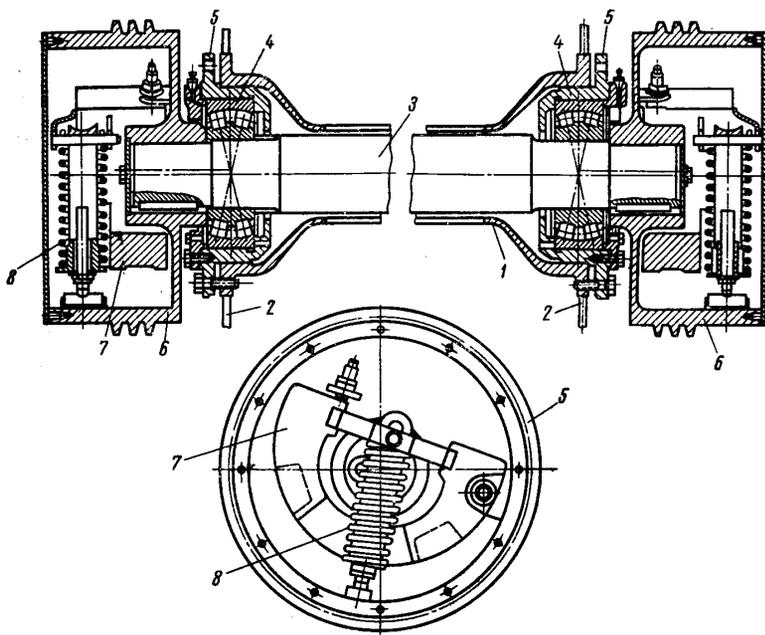


Рис. 1.10. Вал самоцентрирующегося грохота

Если центр тяжести корпуса с материалом будет совпадать с геометрической осью эксцентриковой части вала, то при соблюдении приведенного равенства общий центр тяжести системы расположится на оси вращения вала.

Самобалансные грохоты ГСС используются для окончательного грохочения нерудных строительных материалов. Такой грохот, как и предыдущие типы, состоит из корпуса 2 (рис. 1.11), вибровозбудителя 1 и

упругих опор 3, с помощью которых грохот устанавливается на раме 4. Основное отличие ГСС от предыдущих заключается в вибровозбудителе, обеспечивающем создание направленных колебаний.

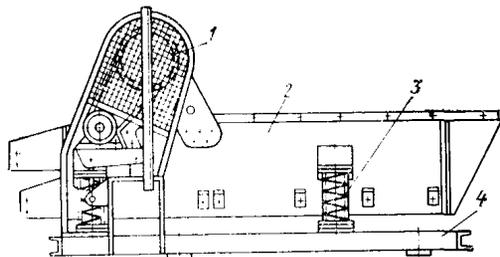


Рис. 1.11. Самобалансный грохот ГСС

Вибровозбудитель (рис. 1.12) состоит из корпуса 4, крепящегося к коробу грохота. Внутри корпуса на роликоподшипниках установлены два дебалансных вала 3. Один из них получает вращение от электродвигателя через клиноременную передачу и шкив 1 и передает вращение второму валу через зубчатую передачу 2 с передаточным отношением, равным единице, что обеспечивает синхронное вращение дебалансных валов. При синхронном разностороннем (синфазном) вращении дебалансных валов горизонтальные составляющие возникающих центробежных сил будут взаимно гаситься, а вертикальные – складываться, передавая коробу грохота направленные колебания.

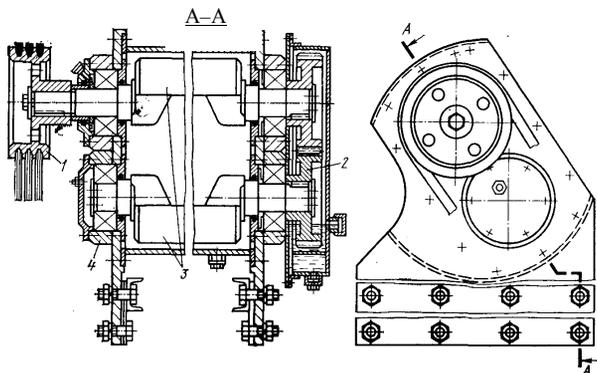


Рис. 1.12. Вибровозбудитель самобалансного грохота

Просеивающие поверхности в таких грохотах устанавливаются горизонтально, что уменьшает их габариты по высоте. Вибровозбудитель устанавливается под углом $35...40^\circ$ к плоскости сита (линия, соединяющая центры дебалансных валов, расположена под углом $50...55^\circ$ к горизонту). Грохоты ГСС устанавливаются обычно на передвижных дробильно-сортировочных установках, а также в местах, где высота ограничена.

При грохочении мелких материалов применяются также грохоты, у которых в качестве вибровозбудителя используются **электромагнитные вибраторы** (рис. 1.13). При пропускании электрического тока через катушку электромагнит *3* притягивает якорь *2*, соединенный тягой *1* с планками, между которыми зажато сито *б*. При движении вверх якорь ударяется об упоры, что вызывает резкий толчок, при этом подача тока в катушку прекращается и якорь с пружиной *5* отжимается вниз. Амплитуда колебаний изменяется путем изменения расстояния между упорами и якорем с помощью штурвала *4*. При нормальной частоте электрического тока электромагнитный вибратор сообщает просеивающей поверхности 3000 колебаний в минуту и амплитуду, равную приблизительно 0,3 мм. Преимуществами электромагнитных грохотов являются отсутствие вращающихся и трущихся частей, а также виброизоляция корпуса грохота; недостатком – неравномерное распределение амплитуды колебаний по поверхности сита: большая – в средней части и меньшая – по краям.

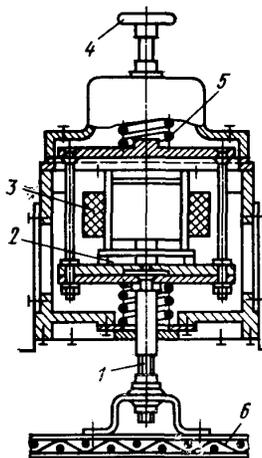


Рис. 1.13. Электромагнитный грохот

Наиболее часто выходят из строя упругие опоры – спиральные пружины или пластинчатые рессоры. В целях повышения их долговечности применяют пневмобаллонные амортизаторы (рис. 1.14), представляющие собой резинокордные оболочки, внутри которых помещены камеры. С торцов пневмобаллон прикрыт металлическими крышками. Пневмобаллонные опоры позволяют значительно снизить резонансные амплитуды и время перехода резонанса при пуске и остановке грохота за счет изменения давления внутри пневмобаллонной опоры. Одна и та же опора может быть использована для различных типоразмеров грохотов, они долговечны, удобны в обслуживании, способствуют снижению шума при работе грохота.

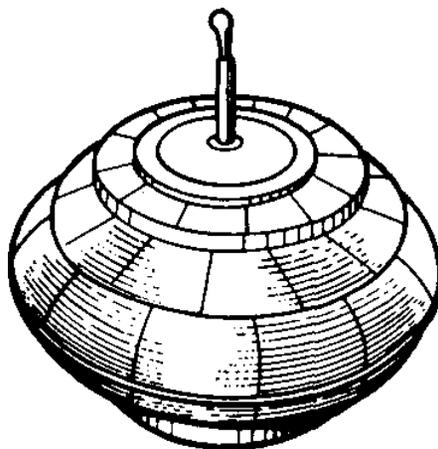


Рис. 1.14. Пневмобаллонный амортизатор грохота

Для повышения производительности вибрационных грохотов рационально увеличивать площадь просеивающей поверхности. В этом случае применение ранее рассмотренных конструкций вибровозбудителей невозможно из-за возрастающей длины приводного вала, увеличивающей его прогиб, снижающей жесткость и уменьшающей частоту собственных колебаний вала. На грохоты устанавливаются виброблоки (рис. 1.15, *a*), состоящие из короткого вала 1 с дебалансами 2 по концам. Вал установлен в цилиндрических подшипниках.

Схемы расположения виброблоков на грохотах приведены на рис. 1.15, *б*. С помощью виброблоков можно получать круговые и направленные колебания.

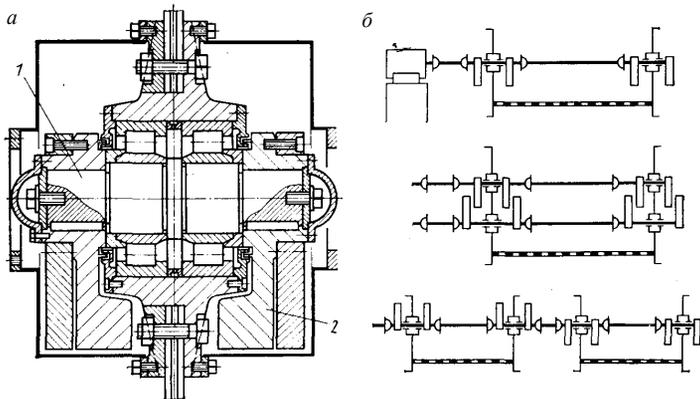


Рис. 1.15. Виброблок

Устройство виброблока для получения направленных колебаний показано на рис. 1.16.

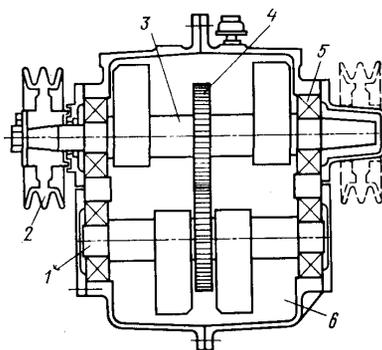


Рис. 1.16. Двухвалный виброблок: 1, 3 – ведомый и ведущий валы с дебалансами; 2 – приводной шкив; 4 – зубчатая передача; 5 – подшипники; 6 – масляная ванна

Достоинства виброблоков (по сравнению с обычными виброизбудителями) являются: повышенная долговечность подшипников, высокая собственная частота колебаний вала, возможность регулировки величины возмущающей силы путем замены дебалансов и различной схемы установки виброблоков, простота их обслуживания и замены.

Кроме виброблоков на грохотах в качестве вибровозбудителя устанавливаются мотор-вибраторы, крепящиеся непосредственно к корпусу грохота (рис. 1.17).

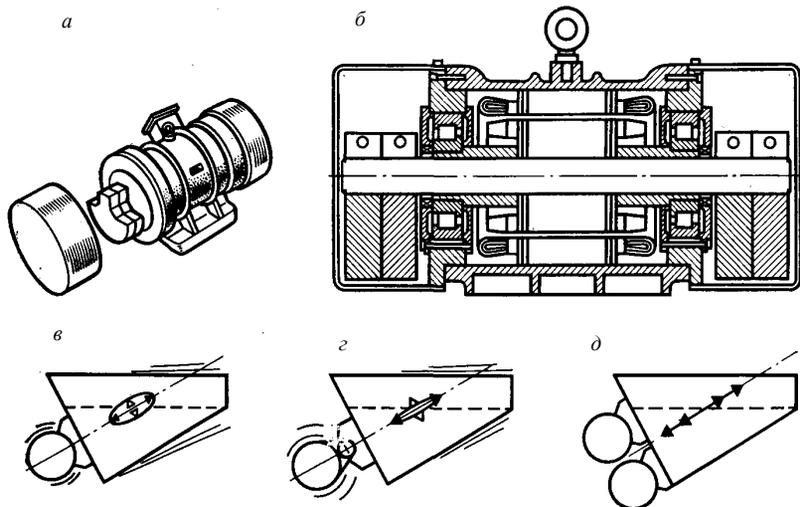


Рис. 1.17. Мотор-вибратор

Мотор-вибратор (рис. 1.17, а, б) состоит из виброустойчивого двигателя, на концах вала которого имеются дебалансы. Вал установлен в двухрядных сферических подшипниках. Охлаждение двигателя – принудительное, воздушное. Преимущества мотор-вибраторов те же, что и виброблоков, кроме того, они не имеют вращающихся частей, а их расположение на корпусе грохота может быть произвольным. В зависимости от способа крепления мотор-вибратора к корпусу могут быть получены круговые, эллиптические и направленные колебания (соответственно рис. 1.17, в, з, д). К недостаткам мотор-вибраторов относят их увеличенную массу и сложность конструкции. Применяются мотор-вибраторы для грохочения мелких смесей, а также для привода грохотов ГИТ, в которых необходимо лишь обеспечить перемещение кусков материала по поверхности колосников.

Техническая характеристика инерционных грохотов приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Техническая характеристика инерционных грохотов

Показатели	Инерционные грохоты					
	с круговыми колебаниями				с направленными колебаниями	
Размер просеивающей поверхности, мм:						
ширина	1500	1500	1750	2000	1000	1250
длина	3000	3750	4500	5000	2500	3000
Число ярусов сит	1	2	2	2	2	2
Размеры ячеек сит, мм	50...250	3...70	3...70	3...70	3...40	3...40
Угол наклона просеивающих поверхностей, град	10...30	10...25	10...25	10...25	0	0
Наибольший размер загружаемых кусков, мм	1000	150	200	150	100	100
Частота колебаний, мин	800	960	900	900	750	750
Амплитуда колебаний, мм	3,5...4,0	4,0...4,2	4,2	4,2	9,5	9,0
Мощность электродвигателя, кВт	17,0	10,0	17,0	17,0	5,4	5,5
Масса, кг	5600	3300	3800	5650	1600	2200
Габаритные размеры, мм:						
длина	3050	4500	5080	5870	3200	3750
ширина	2200	2410	2440	2620	2000	1930
высота	1500	1300	1230	1390	1600	1500

1.7. Машины и оборудование для немеханической сортировки материалов

1.7.1. Оборудование для воздушной сортировки материалов

Воздушная сепарация применяется для сортировки сухих порошковых материалов крупностью менее 1 мм, если ситовые грохоты становятся неэффективными. Этот способ сортировки основан на том, что частицы материала, находящиеся в воздушном потоке, при определенных условиях выпадают под действием сил тяжести, центробежных сил или при их совместном воздействии.

Воздушная сортировка производится в специальных аппаратах – сепараторах, которые по характеру сил, действующих на материал, подразделяются на гравитационные, центробежные и комбинированные; по направлению движения воздушного потока – на сепараторы с вертикальным, горизонтальным и спиральным движением; по конструкции – на проходные и циркуляционные, с вынесенным и встроенным вентилятором. В сепараторах с вертикальным направлением воздушного по-

тока твердые частицы будут находиться под действием силы тяжести, силы трения о воздух, силы инерции (при неравномерном движении) и аэродинамической силы воздушного потока.

В промышленности строительных материалов преимущественное распространение получили проходные и циркуляционные сепараторы.

В проходном сепараторе (рис. 1.18) материал в виде аэросмеси подается со сжатым воздухом, который также используют для разделения смеси.

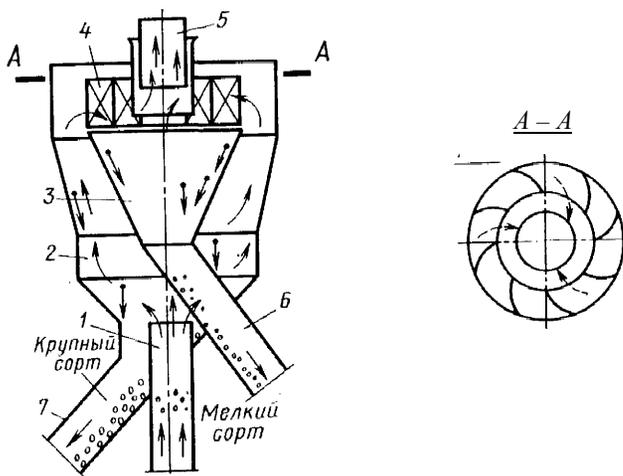


Рис. 1.18. Схема проходного сепаратора

Воздух с исходным материалом поступает по патрубку 1 в корпус сепаратора 2. Из-за расширения канала, по которому движется смесь, скорость потока падает и крупные частицы выпадают из смеси под действием сил тяжести. Воздушный поток проходит по направляющим лопастям 4 во внутренний конус 3, где он закручивается и из него выпадают мелкие частицы в результате воздействия на них центробежных сил. Крупные частицы отводятся из сепаратора по патрубкам 7, мелкие – по трубе 6, воздух – по трубе 5.

Граница разделения регулируется дросселированием входящего потока или изменением угла поворота лопастей 4.

Недостатком сепараторов является повышенный расход сжатого воздуха. Такие сепараторы рационально применять в установках, где сжатый воздух используется для перемещения мелкосыпучих материалов.

На рис. 1.19 представлена схема циркуляционного воздушного сепаратора с разбрасывающим диском и крыльчаткой.

Такие сепараторы более компактны и экономичны, поскольку в одном агрегате объединены источник движения воздуха (вентилятор), сепарирующие и осадительные устройства.

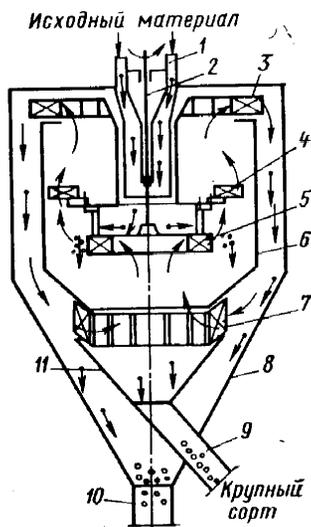


Рис. 1.19. Циркуляционный сепаратор

Исходный материал поступает по патрубку 1 на вращающийся на валу 2 диск 5, с которого сбрасывается под действием центробежной силы. Крупные частицы падают под действием сил тяжести или отбрасываются центробежной силой к стенкам внутреннего корпуса 6, где теряют скорость и также сползают вниз в воронку 11, образуя крупную фракцию, которая выводится из сепаратора по трубе 9.

Вентилятор 3 и крыльчатка 4, вращаемые вместе с диском 5, засасывают воздух из нижней зоны, который пересекает материал, сбрасываемый с диска, захватывает средние и мелкие частицы, выносит их в зону вращения крыльчатки 4. Здесь под действием центробежных сил вращающегося потока средние частицы отбрасываются к стенкам кор-

пуса 6 и стекают вниз в крупный продукт. Мелкие частицы вместе с воздухом проходят через вентилятор 3 в пространство между наружным и внутренним корпусами, где воздух движется вниз по спирали. Окружная скорость потока воздуха в этой зоне максимальная, вследствие чего имеющиеся в нем мелкие частицы отбрасываются центробежной силой к стенкам корпуса 8, теряют скорость и стекают вниз по трубе 10, образуя мелкую фракцию. Воздух снова через жалюзи 7 поступает во внутренний кожух, захватывая случайно попавшие в крупный продукт мелкие частицы.

Граница разделения в рассмотренном сепараторе может регулироваться изменением радиуса расположения лопастей крыльчатки 4 и угла установки лопаток жалюзи 7.

При больших объемах сортируемого материала применяют сепараторы с внешним вентилятором и внешними осадительными аппаратами (рис. 1.20).

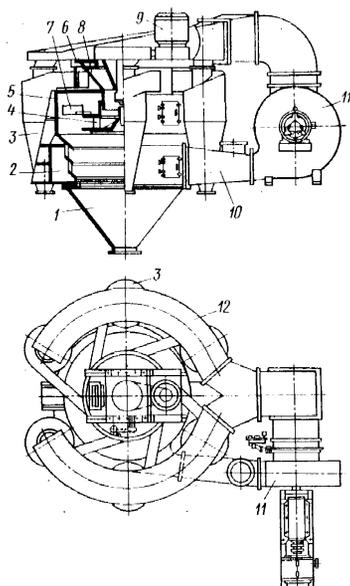


Рис. 1.20. Сепаратор с внешним вентилятором и внешними осадителями

В сепараторе использована центробежная поперечно-поточная схема зоны осаждения. Вентилятор 11 подает воздух по трубе 10 и вход-

ной улитке 2 в корпус сепаратора 5. Материал поступает по патрубкам 8 на диск 4, вращаемый двигателем через редуктор 9, размещенный на крышке корпуса 6.

В зоне крыльчатки 7 крупные частицы центробежной силой отбрасываются к стенкам и стекают в приемник крупной фракции 1. Мелкие частицы выносятся воздухом во внешние циклоны 3, где они осаждаются. Очищенный воздух по коллектору 12 вновь поступает в вентилятор. Такая схема сепаратора выгодно отличается от ранее рассмотренных тем, что внешние осадители-циклоны могут быть приняты желаемых оптимальных размеров. Это позволяет повысить удельную нагрузку в камере сепаратора, уменьшить ее размеры, а также повысить степень очистки газов в циклонах. При этом увеличивается КПД вентилятора и уменьшается износ его лопастей, так как он перекачивает очищенный в большей степени газ.

Техническая характеристика некоторых сепараторов представлена в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Техническая характеристика сепараторов

Показатели	Сепараторы					
	проходного типа	циркуляционного типа		с внешним вентилятором и выносными циклонами		
Диаметр, м	6,5	3,2	5,0	3,0	3,5	5,0
Производительность (по цементу), т/ч	65	15	40	70	90	170
Расход газа, м ³ /ч	365·10 ³	–	–	95·10 ³	120·10 ³	150·10 ⁸
Частота вращения ротора, об/мин	–	245	180	170...230	150...200	100...160
Установленная мощность, кВт	–	9,0	24,6	180,0	245,0	380,0
Масса, т	30,0	9,0	24,6	29,0	33,0	56,0

1.7.2. Оборудование для гидравлической классификации материалов

Прочность и долговечность бетонных изделий существенно зависит от оптимального зернового состава и чистоты заполнителей. Природные пески чаще всего неоднородны по составу, содержат посторонние примеси и поэтому не могут быть использованы в качестве заполнителя бетона без предварительного обогащения. Наибольший эффект дает гидравлическая классификация строительных песков, которые при этом

не только разделяются на фракции, но и промываются в воде для удаления глинистых включений, т. е. происходит их обогащение. Процесс разделения минеральных зерен в жидкости по скоростям их падения называют гидравлической классификацией.

При гидравлической классификации скорость осаждения частиц зависит от формы, размера, плотности частиц, а также от свойств жидкости. Частицы исходной смеси, подвергаемой гидравлической классификации, находятся под действием гравитационных или центробежных сил, а также сил противодействия жидкой среды – сопротивления трению, зависящего от вязкости жидкости, и динамического сопротивления, определяемого скоростью движения частиц. Осуществляют гидравлическую классификацию в аппаратах, называемых классификаторами.

Крупность материала, подвергаемого гидравлической классификации, в основном не превышает 5 мм. Процесс классификации может происходить в вертикальных и горизонтальных струях воды.

По конструктивному исполнению и характеру движения гидросмеси гидравлические классификаторы разделяют на горизонтальные и вертикальные, а по принципу действия – на классификаторы свободного и стесненного падения.

К группе классификаторов относят также спиральные и реечные классификаторы, в которых используется механическое воздействие рабочего органа на материал в процессе разделения его на фракции.

Особую подгруппу составляют центробежные классификаторы, в которых материал разделяется на фракции под действием различных центробежных сил, действующих на зерна разной крупности во вращательном потоке пульпы.

Наиболее распространенными гидравлическими классификаторами в настоящее время являются вертикальные, горизонтальные, стесненного падения с восходящим потоком воды, центробежные. Первые из них просты по конструкции, надежны в работе и при требованиях невысокой точности классификации могут быть использованы для обогащения строительных песков; вторые – компактны, с относительно большой производительностью, позволяют получать необходимое число фракций песка. Центробежные классификаторы используют для классификации смесей с крупностью частиц 0,01...0,5 мм, для которых разделение только под действием гравитационных сил становится неэффективным.

Вертикальный прямоточный классификатор (рис. 1.21) работает по следующей схеме.

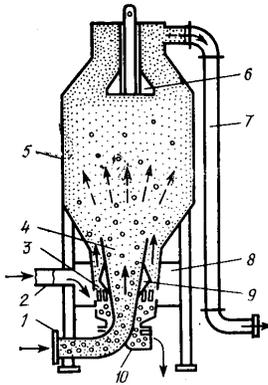


Рис. 1.21. Гидравлический прямооточный классификатор

Водно-песчаная пульпа под давлением 0,3 МПа подается в классификатор через патрубок 1 и, проходя через диффузор 4, поступает в обогащательную камеру 5, площадь сечения которой превышает площадь верхнего сечения диффузора. При этом скорость движения пульпы снижается настолько, что происходит выпадение наиболее крупных частиц, которые поступают в классификационную камеру 3. Мелкие частицы уносятся с водой по трубе 7. Для классификации осевших частиц смеси по граничному размеру в нижнюю часть классификационной камеры по трубе 2 подают чистую воду, часть которой, двигаясь вверх, через кольцевой коллектор 8 уносит мелкие частицы в обогащательную камеру. Остальная часть воды используется для гидротранспорта крупной фракции по трубе 10 на склад. Спиральные лопасти 9 придают восходящему потоку в классификационной камере винтовое (вращательное) движение, что облегчает отделение и осаждение крупной фракции. В осадительной камере установлен регулируемый по высоте отбойный щиток 6.

Горизонтальный классификатор стесненного падения с восходящим потоком воды (рис. 1.22) представляет собой классификационную камеру, в которую поступает пульпа. Для повышения интенсивности и точности классификации в камеру снизу подается вода, образующая восходящий поток. Вода, поднимаясь по камере, выносит более мелкие частицы из камеры, крупные частицы при этом осаждаются на дно классификационной камеры. Разгрузка песка из камеры производится автоматически при заданной плотности пульпы. Для повышения производительности горизонтальные классификаторы делают многокамер-

ными. Качество готовой продукции достигается регулированием подачи дополнительного количества воды.

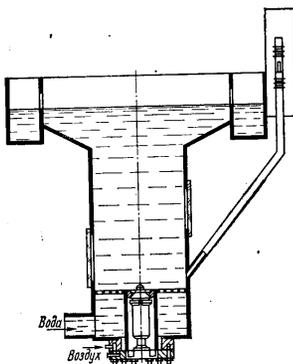


Рис. 1.22. Гидравлический горизонтальный классификатор

Центробежные классификаторы бывают двух типов. *Центрифуги* – аппараты, в которых движение пульпы обеспечивается вращением движущихся рабочих поверхностей. В центрифугах происходит классификация мелкозернистых смесей (мел, глина). Основной недостаток центрифуг – интенсивный износ рабочих поверхностей – препятствует их широкому применению. *Гидроциклоны* – неподвижные аппараты, в которых движение пульпы носит вращательный характер. Гидроциклон состоит из двух сварных или литых секций: нижняя 1 (рис. 1.23) имеет форму конуса, верхняя 2 – цилиндра.

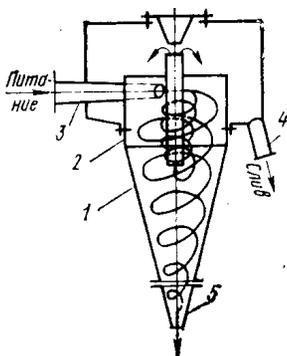


Рис. 1.23. Схема гидроциклона

Пульпа подается в цилиндрическую секцию через патрубок 3 под давлением 0,1...0,3 МПа тангенциально к внутренней поверхности. В патрубке 3 имеется направляющая втулка с сужающимся каналом, что повышает скорость потока на входе до нескольких десятков метров в секунду. Благодаря этому возникает центробежное ускорение, значительно превышающее ускорение свободного падения. При движении пульпы в конусной части корпуса под действием центробежных сил она начинает разделяться на две части: более крупные частицы осаждаются и через насадку 5 разгружаются, более мелкие вместе с потоком воды через патрубок 4 выводятся наружу. Граница разделения материала регулируется давлением на выходном патрубке: чем выше давление, тем меньше граничный размер зерна осаждаемого материала. Корпус гидроциклонов для предотвращения износа футеруется резиной или каменным литьем.

1.7.3. Оборудование для магнитной сепарации материалов

Магнитная сепарация при переработке нерудных материалов носит вспомогательный характер и служит для защиты машин от попадания в них металлических предметов или выделения их из смеси. Работа магнитных сепараторов основана на взаимодействии магнитного поля с магнитно-активными материалами, вследствие чего последние притягиваются к магниту или отводятся в специальные ловушки. Наибольшее распространение получили подвесные электромагниты, электромагнитные шкивы, электромагнитные сепараторы барабанного типа.

Подвесные электромагниты (рис. 1.24, а) устанавливаются над конвейерной лентой на высоте 100...130 мм. За счет электромагнитных сил они извлекают из слоя материала магнитно-активные предметы. Подвесной электромагнит состоит из сердечника 1, катушки 2 и полюсной скобы 3. Такие электромагниты ввиду недостаточной силы магнита не всегда могут удалить из смеси крупные металлические куски. Поэтому более прогрессивным решением является применение металлоискателей – индукционных катушек, охватывающих рабочую ветвь конвейера, – в комплексе с механическими сбрасывающими устройствами.

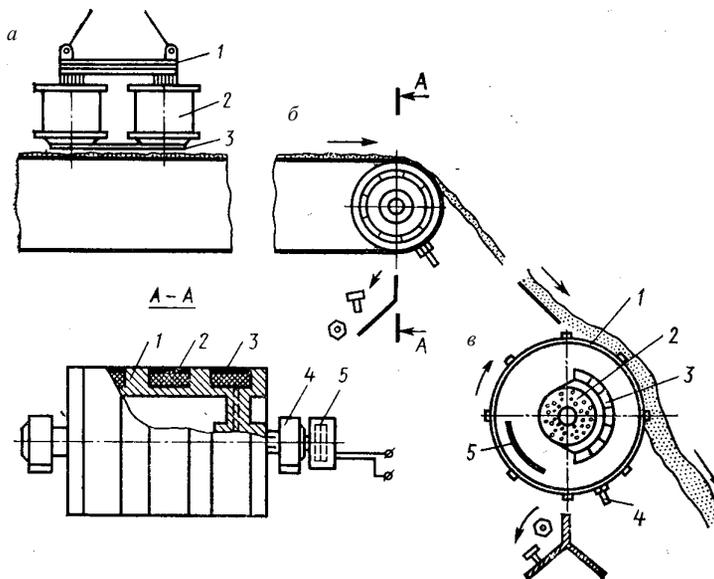


Рис. 1.24. Электромагнитные сепараторы

Электромагнитный шкив (рис. 1.24, б), устанавливаемый вместо приводного барабана конвейера, состоит из вращающихся вместе с барабаном 1 электромагнитных катушек 2, защищенных латунными крышками 3. Электромагнитный шкив устанавливается на валу в подшипниках 4 и приводится в движение от зубчатого колеса (звездочки). К катушкам через контактные кольца 5 и каналы в валу подводится постоянный ток напряжением 110...220 В. При включении катушек в сеть возникает магнитное поле. Магнитно-активный материал притягивается к ленте и отводится в специальный бункер.

Электромагнитные барабаны (рис. 1.24, в) устанавливаются обычно в местах перегрузки материалов и служат для магнитной очистки порошкообразных материалов. Магнитная система, состоящая из катушки 2 и секторных полюсов 3, размещается внутри полого барабана 1, выполненного из немагнитных материалов (латунь, алюминий, пластмасса). Разноименные полюсы чередуются и образуют магнитное поле большой плотности в той части поверхности барабана, куда поступает материал с конвейера. Магнитно-активные предметы 4 притягиваются к барабану и при выходе из зоны действия магнита сбрасы-

ваются в специальный лоток. Для регулирования места разгрузки магнитная система может быть повернута на оси барабана. Для уменьшения плотности магнитного поля в зоне разгрузки устанавливается металлический шунт 5.

1.8. Эксплуатация сортировочного оборудования и техника безопасности при работе на сортировочных машинах

1.8.1. Эксплуатация машин для сортировки строительных материалов

Вибрационные нагрузки высокой динамичности, абразивность перерабатываемого материала, запыленность окружающей среды создают тяжелые условия работы сортировочных машин и, в частности, грохотов. Работоспособность и долговечность грохотов зависят от правильной эксплуатации их, систематического контроля состояния отдельных узлов и регулярного технического обслуживания. Важным фактором является правильное натяжение сит или решеток грохота. При недостаточном натяжении сит последние вступают в автоколебания, начинают «подхлестывать» материал и разбрасывать его. Это приводит к быстрому разрушению элементов сит из-за усталостных явлений и к снижению качества сортировки.

Перед пуском грохота в работу нужно тщательно осмотреть сита, заменить изношенные или оборванные стержни и произвести их тщательное натяжение. Необходимо также осмотреть и подтянуть все крепежные детали, особенно крепежные детали подвесок, пружинных и других амортизаторов, проверить надежность крепления дебалансов, подшипников валов и др.

Подачу материала на сита производят только после того, как грохот наберет рабочую скорость движения.

Во время работы грохотов необходимо следить за равномерным поступлением материала на сита, не допуская перегрузок их. Переполнение сит материалом снижает эффективность сортировки и производительность, так как нарушаются динамические характеристики вибрационных систем грохота.

Под мелкие сита (с отверстиями менее 7×7 мм) для увеличения срока их службы рекомендуется подкладывать сита с более крупными ячейками.

После установки новых сит необходимо произвести регулировку вибрационных механизмов или механизмов уравнивания (в гирационных грохотах) с целью обеспечения правильных параметров колебаний (в виброгрохотах) и для уравнивания механизма (в гирационных грохотах).

Во время работы необходимо следить за нагревом подшипников, состоянием ременных передач и крепежом сит.

Смазка трущихся поверхностей и других механизмов должна производиться в соответствии с инструкцией по эксплуатации машины. При эксплуатации воздушных сепараторов и гидравлических классификаторов необходимо следить за давлением в питающих магистралях и аппаратах, а также за расходом рабочей среды (сжатого воздуха или воды).

Перед пуском в работу классификаторы должны пройти наладку, т. е. должны быть установлены такие режимы работы, которые обеспечили бы нужную точность разделения и заданные размеры граничных зерен. Это осуществляется регулированием расхода чистой воды и гидросмесей в гидроклассификаторах и регулированием давления воздуха, а также концентрации твердых частиц в потоке (для воздушных сепараторов). Если необходимо увеличить размеры крупных фракций, следует повысить скорость восходящих потоков путем дополнительной подачи чистой воды или увеличения давления воздуха.

1.8.2. Техника безопасности при эксплуатации сортировочных машин

При сортировке материалов выделяется большое количество пыли, и если не принимать специальных мер, создается угроза здоровью обслуживающего персонала.

Согласно системе стандартов безопасности труда, запыленность воздуха в рассматриваемых производственных помещениях не должна превышать $1...6$ мг на 1 м^3 воздуха. Поэтому грохоты должны быть закрыты герметичными кожухами, должна быть предусмотрена специальная система пылеотсоса. Если допустимо по технологическому процессу, то для уменьшения пылевыведения производится смачивание материала или над ситами устанавливаются специальные водораспылители.

Для снижения вибрационных нагрузок на несущие конструкции грохоты должны монтироваться на виброизолирующих устройствах: пружинных подвесках, тросовых тягах или резиновых прокладках. Ра-

бочие площадки должны устанавливаться на дополнительных вибро-изоляторах.

Для снижения уровня шума в помещениях, где располагается дробильное и сортировочное оборудование, эти машины закрываются звукопоглощающими капотами, а ограждающие конструкции самих помещений выполняются из звукопоглощающих материалов (минеральной ваты, ячеистого бетона и т. п.). В ряде случаев для обслуживающего персонала устраиваются герметические, звукоизолирующие кабины.

Для грохотов должно применяться электрооборудование, изготовленное в пылезащитном (или влагозащитном) исполнении. В местах повышенной влажности напряжение приборов электроосвещения и управления не должно превышать 36 В.

Лабораторная работа № 2. ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ ЗАВОДЫ И УСТАНОВКИ

2.1. Цель работы

1. Изучить технические характеристики дробильно-сортировочных заводов и установок.
2. Изучить устройство, работу и регулировки механизмов дробильно-сортировочных заводов и установок.
3. Ознакомиться с возможными неисправностями механизмов дробильно-сортировочных заводов и установок и способами их устранения.
4. Ознакомиться с правилами техники безопасности во время эксплуатации дробильно-сортировочных заводов и установок.

2.2. Оснащение и учебно-наглядные пособия

1. Учебные плакаты по изучению конструкций узлов и агрегатов дробильно-сортировочных заводов и установок.
2. Технические средства обучения.

2.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию, принцип работы и регулировки узлов и агрегатов дробильно-сортировочных заводов и установок.
2. Изучить возможные неисправности бетоносмесительных заводов и установок и способы их устранения.

3. Изучить особенности эксплуатации дробильно-сортировочных заводов и установок.

4. Изучить технику безопасности при работе на дробильно-сортировочных заводах и установках.

2.4. Общие сведения

В зависимости от вида выпускаемой продукции предприятия промышленности нерудных строительных материалов называют щебеночными, гравийно-песчаными и песчаными заводами. Заводы сооружают у месторождений нерудного сырья преимущественно вблизи транспортных коммуникаций (железнодорожных и водных путей сообщения). В некоторых случаях, особенно при дорожном строительстве, становится эффективным использование местных нерудных материалов, добываемых на временных (притрассовых) карьерах малой мощности. Такие разработки осуществляют с помощью передвижных дробильно-сортировочных установок.

2.5. Технологические схемы и оборудование дробильно-сортировочных заводов

Дробильно-сортировочные заводы представляют собой сложный комплекс технологического оборудования, работающего в единой технологической цепи и обеспечивающего следующие производственные операции: прием горной породы (массы), дробление, сортировку, мойку, обезвоживание, транспортирование, складирование и отгрузку готовой продукции. Надежность и эффективность работы завода зависят от технологических задач производства и соответствия выбранного оборудования виду перерабатываемого материала.

В зависимости от вида перерабатываемого материала и выпускаемой продукции предприятия промышленности нерудных материалов могут быть щебеночными, гравийно-песчаными и песчаными. Стационарные дробильно-сортировочные заводы сооружаются вблизи месторождений технологического сырья, если его запасы обеспечивают работу предприятия при проектной мощности не менее 25 лет. Производительность предприятий нерудных строительных материалов должна соответствовать утвержденным оптимальным мощностям (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Мощности дробильно-сортировочных заводов, тыс. м³ в год

Предприятия	Режим работы	
	трехсменный	двухсменный
Щебеночные	530, 800, 1600, 3200	400, 600, 1200, 2400
Гравийно-песчаные	650, 1300, 2600	500, 1000, 2000

Дробильно-сортировочные заводы и установки классифицируются по следующим признакам: характеру выпускаемой продукции, производительности, схеме технологического процесса и времени эксплуатации на одном месте.

По характеру выпускаемой продукции дробильно-сортировочные заводы подразделяются на универсальные, изготавливающие различные по назначению сорта щебня (гравия), и специализированные, выпускающие продукцию одного определенного сорта.

По производительности дробильно-сортировочные предприятия делятся на заводы малой (до 50 тыс. м³ в год), средней (от 50 до 200 тыс. м³ в год) и большой (свыше 200 тыс. м³ в год) производительности.

По схеме технологического процесса различают одно-, двух- и трехстадийные (реже четырехстадийные) схемы дробления с открытым или замкнутым циклом.

По времени эксплуатации на одном месте различают постоянно действующие приобъектные дробильно-сортировочные предприятия, создаваемые для снабжения щебнем конкретных объектов строительства, и передвижные дробильно-сортировочные установки.

Стационарные заводы сооружаются на достаточно крупных месторождениях нерудных материалов и рассчитаны на снабжение большого числа потребителей. Срок службы приобъектных заводов обычно определяется сроком строительства объекта (например, крупной гидростанции).

Передвижные дробильно-сортировочные установки наиболее экономичны при разработке месторождений с небольшими запасами сырья, а также при частых перемещениях строящихся объектов (например, при дорожном строительстве).

Основным фактором, определяющим характер и последовательность выполнения операций дробления и сортировки, а также выбор соответствующих машин и их размещение, является стадийность измельчения. Измельчение камня, поступающего из карьера, до требуемого размера щебня при одностадийном дроблении производится в одной дробилке.

При открытом цикле режим работы дробилки выбирается таким, чтобы из нее не выходили зерна больше заданного максимального размера щебня. Однако по ряду технико-эксплуатационных и экономических соображений степень измельчения, получаемая в одной дробилке, не должна превышать оптимальных значений. Например, в щековых дробилках она составляет 4...6, в конусных – 5...8. Если требуемая степень измельчения больше названных значений, то применяется или закрытый цикл работы, или многостадийное дробление.

При закрытом цикле отсортированная часть щебня, размер которого больше заданного, возвращается снова в ту же дробилку.

Типовые технологические схемы дробильно-сортировочных заводов показаны на рис. 2.1.

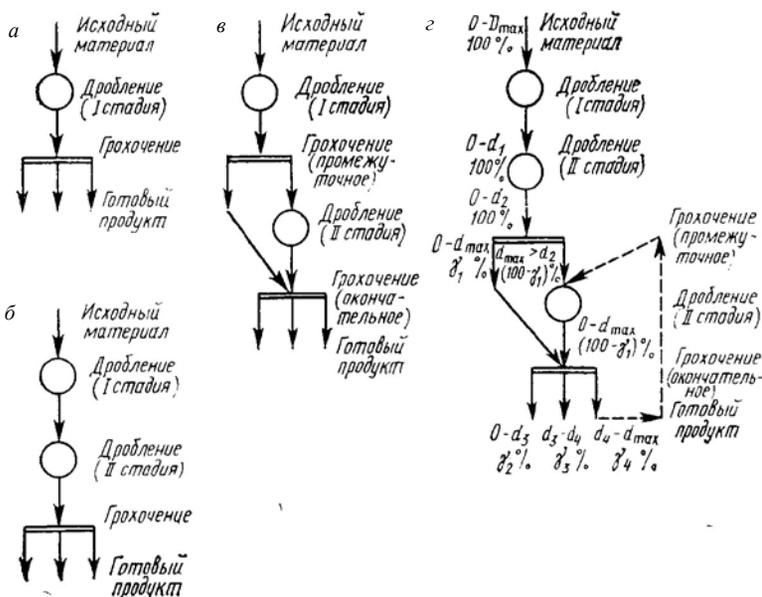


Рис. 2.1. Типовые технологические схемы дробильно-сортировочных заводов

На рис. 2.1, а приведена одностадийная схема измельчения в открытом цикле. При этой схеме дробление совершается за один проход дробилки, и весь продукт дробления направляется на грохот для разделения на фракции. Одностадийное дробление применяется в основном на заводах производительностью менее 500 тыс. м³ в год при производстве

рядового щебня крупностью до 70 мм. В одностадийных схемах не всегда удается осуществить полную механизацию производства из-за чрезмерных габаритов отдельных кусков исходного материала, поэтому на заводах они применяются весьма редко.

На рис. 2.1, б, в показаны двухстадийные схемы, наиболее распространенные при производстве щебня для строительства (получают 3...5 фракций готового продукта). Первый вариант двухстадийной схемы (см. рис. 2.1, б) предусматривает направление продукта первой стадии полностью в дробилку второй стадии и затем на грохочение. Такая схема производства применяется в том случае, когда в продукте первой стадии содержится менее 25 % продукта окончательной крупности. При наличии в продукте первой стадии окончательного продукта более 25 % применяется схема двухстадийного дробления с промежуточным грохочением после первой стадии (см. рис. 2.1, в). На промежуточном грохоте отделяется продукт окончательной крупности и направляется на окончательное грохочение, минуя вторую стадию измельчения.

На рис. 2.1, г приведена трехстадийная схема дробления (качественно-количественная схема). Третья стадия показана в открытом цикле (сплошная линия) и в замкнутом (пунктирная линия). Такая схема показывает крупность продукта и производительность по операциям (в %). На первую стадию поступает исходный материал крупностью $0 - D_{\max}$, и выходит продукт крупностью $0 - d_1$. Весь продукт крупностью $0 - d_1$ поступает на вторую стадию дробления, и получается продукт крупностью $0 - d_2$. Продукт второй стадии $0 - d_2$ поступает на промежуточное грохочение, где отделяется готовый продукт крупностью $0 - d_{\max}$ в объеме γ_1 %, а остальной продукт крупнее d_{\max} и объемом $(100 - \gamma_1)$ % направляется на измельчение в третью стадию. Продукт дробления третьей стадии крупностью $0 - d_{\max}$ смешивается с продуктом второй стадии, имеющим ту же крупность, и поступает на окончательное грохочение на фракции $0 - d_3$, $d_3 - d_4$ и $d_4 - d_{\max}$, выход которых соответственно составил γ_2 , γ_3 , γ_4 %. Сумма выходов всех фракций $\gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 = 100$ %. Продукт дробления $0 - d_{\max}$ (см. рис. 2.1, г) может быть уменьшен, например, до крупности $0 - d_4$ без увеличения числа стадий дробления. Для этого фракцию $d_4 - d_{\max}$ отсеивают на грохоте окончательной сортировки и возвращают в дробилку, т. е. дробилка работает в замкнутом цикле. Объем материала γ_4 %, возвращаемого в дробилку третьей стадии, называют *циркуляционной нагрузкой*. Обычно ее значение не превышает 15...25 %. Соответственно произво-

длительность дробилки третьей стадии и сортировочного оборудования должна быть больше на величину γ_4 .

Выше рассмотрены принципиальные технологические схемы дробильно-сортировочного завода, отличающиеся только по числу стадий дробления. Практически же схемы установок значительно сложнее в результате включения дополнительных операций. Так, при переработке разнопрочных материалов, например известняков, содержащих слабые включения и глину, предусматривается двухпоточная схема. Для этого исходное сырье разделяется колосниковым грохотом предварительного грохочения на два потока: крупностью 0...200 мм («грязный» или «слабый») и крупностью более 200 мм («чистый» или «прочный»). В дальнейшем оба потока перерабатываются отдельно. В первом случае получают щебень более низкого качества, чем во втором. В технологической линии обоих потоков устанавливаются глиноотборники, моечное и обезвоженное оборудование. Кроме того, организуются специальные участки для переработки мелких фракций продукта дробления (0...5 мм). На известняковых заводах мелкие фракции перерабатываются в известковую муку, используемую в сельском хозяйстве. На заводах по переработке прочной горной массы мелкие фракции используются для производства строительного песка.

Выбор оборудования дробильно-сортировочных заводов начинается с изучения условий производства, подбора типа оборудования и разработки качественной технологической схемы.

Технологические схемы щебеночных стационарных заводов в зависимости от вида перерабатываемой горной породы могут быть разделены на три типа: прочных однородных абразивных пород; прочных однородных малоабразивных пород; неоднородных малоабразивных пород.

Для первых технологических схем заводов применяют щековые дробилки с простым качанием щеки и конусные дробилки всех типов. Для вторых – в основном дробилки ударного действия на всех стадиях дробления, а также щековые дробилки со сложным качанием щеки. Для третьих характерно включение в технологическую схему оборудования, позволяющего проводить избирательное дробление, отбор глины, промывку и обезвоживание. Для избирательного дробления пород рекомендуются дробилки ударного действия.

Размер исходного материала D_{\max} и крупность готового продукта d_{\max} позволяют определить тип оборудования, которое должно быть использовано на данном предприятии, а также оптимальную схему

дробления – одно- или многостадийную. В дробилках крупного дробления, производительность которых обычно стремятся использовать полностью, степень измельчения не превышает: в щековых – 7,2; копусных – 7,5; роторных – 15.

Следовательно, если по условию производства степень измельчения должна быть больше, дробление необходимо вести в две, а иногда (при $d_{\max} = 15...25$ мм) и в три стадии. Увеличение количества стадий дробления приводит к возрастанию затрат на капитальное строительство заводов, удорожанию готового продукта. Поэтому при проектировании предприятий следует стремиться к минимальному числу стадий дробления. На экономические показатели предприятия существенное влияние оказывает количество технологических линий, действующих параллельно. Наиболее целесообразно проектировать предприятия с одной технологической линией, на которых выработка на одного производственного рабочего на 50...60 % выше, чем при двухлинейной схеме производства; себестоимость готовой продукции и расход энергии ниже на 25 и 35 % соответственно, чем при двухлинейной схеме.

В последнее время получил распространение новый тип дробильно-сортировочных предприятий – сборно-разборные автоматизированные дробильно-сортировочные линии (САДЛ), предназначенные для работы в районах с ограниченными запасами минерального сырья (5...15 млн. м³) или с ограниченным (по объему и срокам) потреблением нерудных строительных материалов при условии сжатых сроков ввода объектов в эксплуатацию. Ввод в эксплуатацию САДЛ позволяет снизить транспортные расходы по доставке песка и щебня потребителям, расширить сырьевую базу нерудных строительных материалов, повысить уровень автоматизации процесса переработки минерального сырья, обеспечить нормативные санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала и защиту окружающей среды от загрязнения. Основными потребителями продукции САДЛ являются рассредоточенные объекты сельского или гидротехнического строительства с годовым потреблением щебня до 600 тыс. м³.

Выпускаются три комплекта оборудования САДЛ производительностью 400...500 тыс. м³ щебня в год: из изверженных (САДЛ-И-400), осадочных (САДЛ-О-400) и гравийно-песчаных (САДЛ-ГП-400) пород. Технологические схемы САДЛ предусматривают двух- и трехстадийное дробление исходного материала крупностью до 800 мм для получения щебня крупностью 0...70 мм и песка – 0,15...5 мм (дробленого или природного обогащенного).

В состав комплектов оборудования САДЛ в зависимости от модификации входят агрегаты: крупного, среднего и мелкого дробления; предварительной, промежуточной и окончательной сортировки; промывки щебня и классификации песка; бункера-склады готовой продукции; питатели и ленточные конвейеры, а также агрегаты управления и аспирации. Работа САДЛ осуществляется круглосуточно при положительных температурах окружающего воздуха. Агрегаты линии оборудованы укрытиями с местами присоединения к аспирационным устройствам.

На рис. 2.2 показана технологическая схема САДЛ, предусматривающая трехстадийное дробление прочных (80...250 МПа) изверженных пород без предварительного грохочения исходной горной массы с замкнутым циклом на последней стадии дробления. При данной технологической схеме может выпускаться щебень крупностью 0...70 и 0...40 мм. В первом случае третья стадия дробления отключается и цикл дробления замыкается на второй стадии.

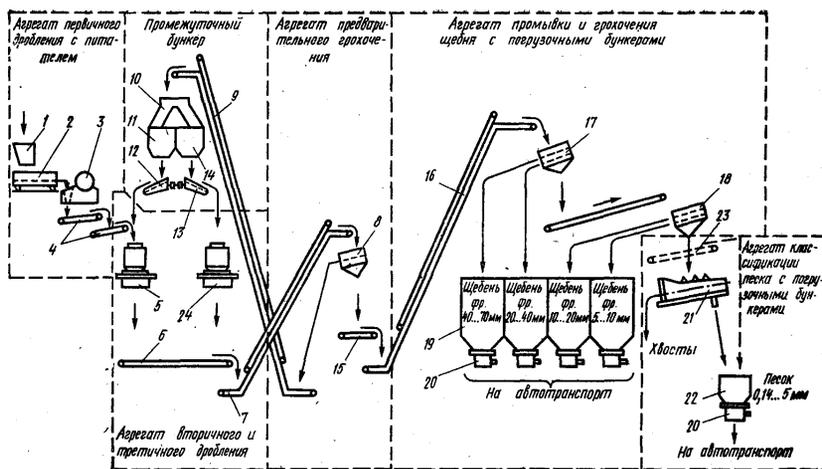


Рис. 2.2. Функциональная технологическая схема сборно-разборной автоматизированной дробильно-сортировочной линии

Процесс получения щебня осуществляется следующим образом. Исходная горная масса крупностью 0...700 мм доставляется из карьера автотранспортом и поступает в бункер 1 агрегата первичного дробления. Из бункера материал подается вибрационным питателем 2 в дробилку

первичного дробления 3, где размер отдельных кусков уменьшается до 0...250 мм, благодаря чему обеспечивается нормальная работа последующих дробилок. Из агрегата первичного дробления материал ленточными конвейерами 4 подается в конусную дробилку вторичного дробления 5, где происходит дальнейшее измельчение кусков до 0...90 мм. Продукт дробления конусной дробилки 5 ленточными конвейерами 6 и 7 подается в агрегат предварительного грохочения, состоящий из грохота 8 и перегрузочных ленточных конвейеров. На грохоте 8 сито устанавливается на максимальный размер фракций готового продукта.

С этого сита верхний продукт (зерна крупнее 70 мм) по конвейеру 9 подается в промежуточный бункер-агрегат, где с помощью самозапирающейся воронки 10 поступает в отсек 11 бункера и далее вибрационным питателем 12 подается в конусную дробилку 5 на додрабывание. Так осуществляется замкнутый цикл дробления для получения щебня крупностью 0...70 мм, после чего материал поступает через грохот 8, конвейеры 15 и 16 на грохоты 17 и 18, где фракции разделяются и поступают в погрузочные бункера 19, оснащенные автоматическими весовыми дозаторами непрерывного действия 20. Объем бункеров каждой фракции должен обеспечить 1,5...2-часовую непрерывную работу САДЛ. В связи с тем что щебень мелких фракций (5...20 мм) промывается, предназначенные для них бункера имеют перфорированные днища с отводом дренажных вод. Отходы (0...5 мм), получаемые при производстве щебня, поступают в спиральный классификатор 21 и оттуда в погрузочный бункер 22, снабженный весовым дозатором 20.

При работе САДЛ без промывки песка сухая фракция 0...5 мм ленточным конвейером 23 подается непосредственно в бункер 22 из грохота 18. При получении щебня крупностью 0...40 мм начинает действовать конусная дробилка 24 третьей стадии дробления. При этом на грохоте 8 устанавливается сито с ячейками, допускающими прохождение кусков размером 0...40 мм. Куски размером более 40 мм по конвейеру 9 поступают в отсек 14, и далее питателем 13 подаются в конусную дробилку 24. Затем процесс получения щебня происходит аналогично рассмотренному выше.

Для управления и наблюдения за работой САДЛ предусматривается специальный агрегат управления, на пульт которого выносятся показания работы всех агрегатов. Особенностью рассмотренных САДЛ является установка щековых и конусных дробилок на специальные виброизолирующие опоры, что позволяет значительно уменьшить массу фундамента и сократить сроки строительства.

2.6. Передвижные дробильно-сортировочные установки

В транспортном, сельскохозяйственном и других видах строительства широко применяют передвижные дробильно-сортировочные установки (ПДСУ). Это позволяет значительно снизить стоимость строительных работ в результате использования местных строительных материалов из месторождений малой мощности и кратковременного действия, на которых нерентабельно создавать стационарные заводы. Например, при строительстве автомобильных дорог с асфальто- и цементобетонным покрытием стоимость каменных материалов составляет 50...70 % от стоимости всего дорожного покрытия. Разработка при-трассовых карьеров с использованием ПДСУ позволяет снизить эти расходы в 1,8...2 раза вследствие снижения затрат на транспортирование.

Передвижные дробильно-сортировочные установки представляют собой комплект дробильно-сортировочного и транспортирующего оборудования, установленного на самоходных прицепных платформах на пневмоколесном ходу.

По производительности они подразделяются на три основные группы: малой (до 12 т/ч), средней (до 50 т/ч) и большой (более 50 т/ч) производительности.

ПДСУ малой производительности применяются при строительстве и ремонте автомобильных дорог местного значения. Источником питания таких ПДСУ служат дизель-генераторные станции, что позволяет использовать их в удаленных от источников электроэнергии местах. Такие установки отличаются простотой конструкции, малой массой и высокой мобильностью. Конструкцию установки малой производительности рассмотрим на примере установки СМД-106. Дробление в установке производится по одностадийной схеме в замкнутом цикле. На раме 1 (рис. 2.3) установлены бункер 3, лотковый питатель 4, щековая дробилка 5 и виброгрохот 6. Рама снабжена двумя пневмоколесными тележками 2, при эксплуатации установки рама опирается на домкраты.

С установкой работают пять конвейеров: три – для транспортировки готового продукта и два – для работы установки в замкнутом цикле. Работа установки происходит следующим образом. Исходный материал загружается в бункер 3, откуда лотковым питателем 4 подается в щековую дробилку 5. Питатель снабжен колосниковой решеткой для предварительного грохочения перед поступлением в дробилку. Измельченный в дробилке материал по ленточным конвейерам поступает

на двухситочный виброгрохот 6. Материал, сошедший с верхнего сита, направляется на доизмельчение в дробилку 5, а остальной разделяется на ситах по фракциям и конвейерами отводится на склад готовой продукции. Управление установкой дистанционное, что улучшает условия работы обслуживающего персонала.

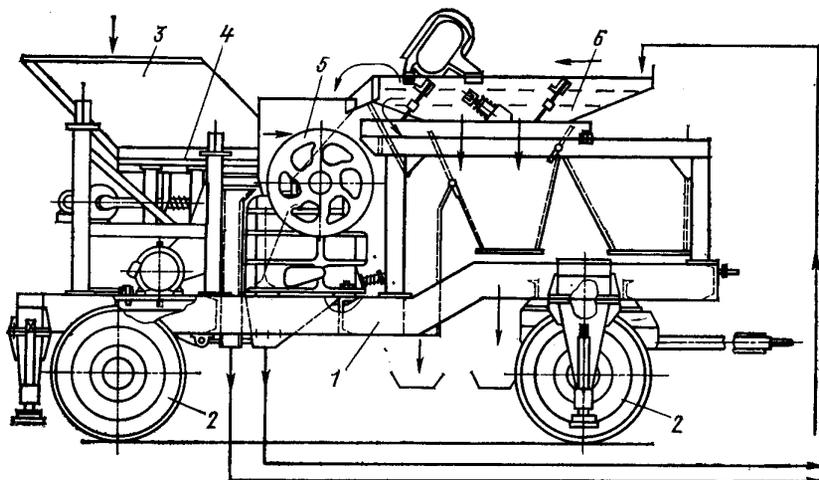


Рис. 2.3. Передвижная дробильно-сортировочная установка малой производительности

Установки средней производительности обычно состоят из двух агрегатов: крупного дробления и мелкого дробления и сортировки. Такие установки применяются для получения щебня крупностью 0...25 мм. При замене сит на грохоте крупность получаемого щебня может увеличиться до 40 мм.

Передвижная установка (рис. 2.4) состоит из двух агрегатов дробления: первичного и вторичного. Первичный агрегат предназначен для переработки горных пород с пределом прочности при сжатии до 300 МПа и выдачи рядового несортированного продукта дробления. Такой агрегат является первой ступенью дробления, поэтому продукт дробления подается на второй агрегат, который производит вторичное дробление и сортирование на три фракции готового продукта.

Агрегат первичного дробления (рис. 2.4, а) устроен следующим образом. Рама агрегата для быстрого транспортирования его установлена на переднюю 7 и заднюю 9 тележки. На раме 10 в технологической по-

следовательности монтируют пластинчатый питатель 2, щековую дробилку 4 и ленточный транспортер 6. Управление агрегатом дистанционное с переносного пульта. Для работы в ночное время агрегат имеет освещение. Все рабочее оборудование приводится в действие от индивидуальных электродвигателей.

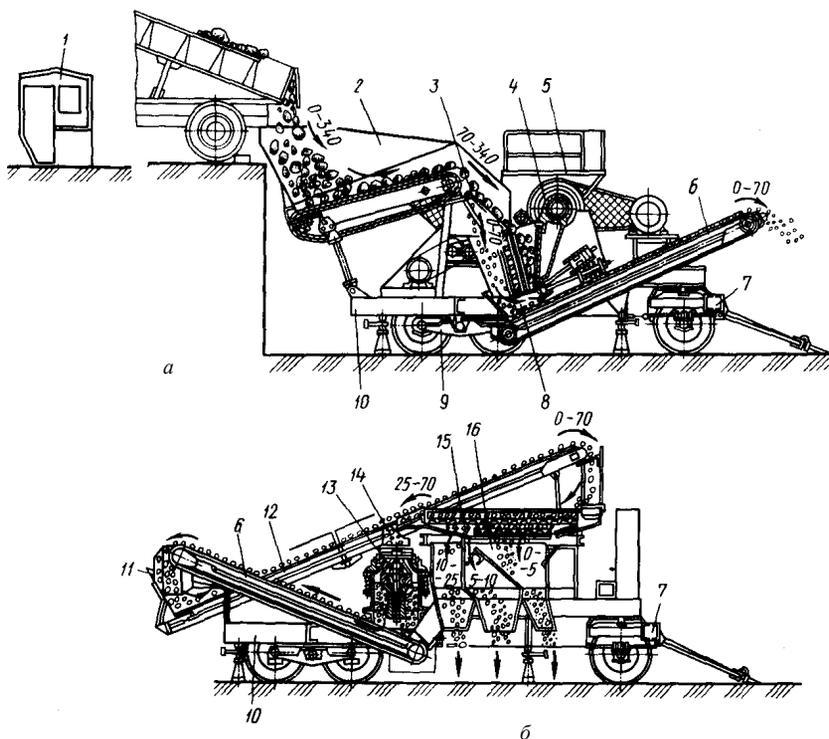


Рис. 2.4. Схема агрегатов первичного и вторичного дробления передвижной установки: *а* – агрегат первичного дробления СМД-126; *б* – агрегат вторичного дробления СМД-127

Пластинчатый питатель 2 обеспечивает равномерную подачу материала, подлежащего дроблению, в щековую дробилку. Несущим органом питателя является полотно, которое составлено из стальных пластин, перекрывающих одна другую и жестко связанных звеньями цепи. Цепь с ходовыми роликами расположена под полотном. Над питателем установлен бункер, в верхней части которого (в месте загрузки) имеет-

ся колосниковая решетка, предохраняющая дробилку от попадания негабаритных кусков. Для предохранения бункера от изнашивания на его задней стенке приварена футеровка из стальных листов. Ленточный конвейер 6 с лентой шириной 500 мм предназначен для подачи готового материала от дробилки в штабель или на агрегат вторичного дробления.

Площадка 5 управления расположена выше уровня приемного отверстия дробилки, что дает возможность наблюдать за работой ее агрегатов. Установка имеет кабину 1 оператора с пультом управления, а наверху – фары для освещения агрегатов при работе в ночное время.

Материал, подлежащий дроблению, загружается в бункер пластинчатого питателя экскаватором, бульдозером или прямо из самосвала в зависимости от рельефа местности. Из бункера исходный материал питателем подается через колосниковую решетку 3 в дробилку. Удаление мелкого материала через колосниковую решетку частично разгружает дробилку и повышает производительность. Кроме того, при поступлении материала, загрязненного примесями, эта решетка служит для его частичного разделения и вывода из технологического потока. В этом случае снимается течка 8 и загрязненный материал специальным транспортером направляется в отвал. Если поступающее на переработку сырье не содержит загрязняющих примесей, то отсеиваемый материал вместе с продуктом, выходящим из щековой дробилки, подается конвейером 6 в агрегат вторичного дробления или в транспорт.

Равномерность подачи материала обеспечивается блокировкой пластинчатого питателя и щековой дробилки. При переполнении дробилки автоматически отключается пластинчатый питатель; при опускании материала в дробилку ниже нормального уровня питатель включается снова. Система автоблокировки облегчает условия эксплуатации установки.

Агрегат вторичного дробления (рис. 2.4, б) предназначен для мелкого дробления, сортирования и выдачи до трех фракций готового продукта. Работая совместно с агрегатом первичного дробления, он вторично перерабатывает материал, выдавая более мелкие фракции. Как и агрегат первичного дробления, этот агрегат может входить в комплект различных передвижных дробильно-сортировочных установок. Его узлы монтируют на раме, установленной на двух тележках. Такой агрегат используют для получения щебня трех фракций с размерами зерен 0...5, 5...10 и 10...25 мм, а также для переработки гравия с

размером зерен до 75 мм. В этом случае агрегат загружается конвейером равномерно. Агрегат вторичного дробления имеет конусную дробилку 13, виброгрохот 15, ленточные конвейеры 6 и 12, бункера и другое оборудование.

В зависимости от выбранной схемы дробимый материал поступает с промежуточного склада или с первичного агрегата через загрузочную воронку 14 в приемный бункер 11. Отсюда конвейером 12 подается на инерционный грохот 15. После сортирования материал по фракциям направляется в трехсекционный бункер 16. Под каждый отсек бункера подводятся лотки ленточных конвейеров, подающих щебень в штабеля склада.

Обычно на этих установках грохот имеет сита с ячейками 5, 20 и 40 мм, что обеспечивает получение фракций 0...5, 5...20 и 20...40 мм. Материал размером более 40 мм поступает в конусную дробилку для вторичного дробления.

Как видно из схемы (см. рис. 2.4), агрегат работает по замкнутому циклу. Техническая характеристика установки приведена в табл. 2.2.

Таблица 2.2. Техническая характеристика передвижной дробильно-сортировочной установки

Показатели	Агрегат СМД-126 первичного дробления	Агрегат СМД-127 вторичного дробления
Производительность, м ³ /ч	20...50	18...30
Наибольшая крупность загружаемого материала, мм	340	60
Ширина выходной щели дробилки, мм	40...90	12...35
Дорожный просвет, мм	290	400
База, мм	5000	5850
Колея, мм:		
передняя	1500	1500
задняя	2170	1800
Максимально допустимая скорость передвижения, км/ч	20	20
Общая мощность двигателей, кВт	55	41
Масса, т	30,85	14,62

Кроме передвижных дробильно-сортировочных установок для создания гибких технологических схем в зависимости от требований к готовому продукту и местных горно-геологических условий промышленность выпускает комплектные агрегаты производительностью 65...200 м³/ч, состоящие из бункеров-питателей, дробильно-

сортировочных агрегатов, ленточных конвейеров и транспортных тележек. Возможность комбинирования агрегатов обеспечивает создание наилучших условий для использования оборудования, получения максимальной производительности при нужном качестве щебня.

Дробильно-сортировочные установки большой производительности применяются при строительстве магистральных автомобильных дорог, аэродромов в тех случаях гидротехнического строительства, когда на месторождении нерудных ископаемых нерентабельно создавать стационарное дробильно-сортировочное предприятие или необходимо резко увеличить производство щебня различных фракций.

ПДСУ большой производительности позволяют обеспечить комплексную механизацию технологического процесса; они состоят из отдельных агрегатов, включающих только одну технологическую операцию. Агрегаты смонтированы на ходовых тележках с пневмоколесным ходом, что обеспечивает их транспортировку со скоростью до 40 км/ч.

Агрегаты крупного и среднего дробления обеспечивают одностадийное дробление в открытом цикле; агрегаты мелкого дробления и сортировки работают обычно в замкнутом цикле. В качестве рабочего оборудования агрегатов применяются щековые, конусные и роторные дробилки, а также вибрационные грохоты различных типов.

Наличие большого числа специализированных агрегатов дробления и сортировки позволяет осуществить различные компоновочные схемы процесса переработки каменного материала исходя из горно-геологических условий и требований к готовому продукту. На рис. 2.5 показаны различные схемы компоновки агрегатов ПДСУ большой производительности (ПДСУ-200). Схема на рис. 2.5, *a* предназначена для получения щебня крупностью до 40 мм из абразивных высокопрочных пород ($\sigma_b = 300...500$ МПа). В этом случае предусмотрено трехстадийное дробление с замкнутым циклом на второй и третьей стадиях.

Исходный материал поступает в бункер, откуда пластинчатым питателем 1 доставляется в щековую дробилку размером 600×900 мм агрегата 2. Измельченный материал поступает на конвейер 3, которым доставляется на агрегат 5 с двухситочным грохотом для промежуточного грохочения. Надрешетный материал верхнего сита направляется на агрегат 6 с двумя щековыми дробилками размером 250×900 мм, откуда он вновь поступает на агрегат 5.

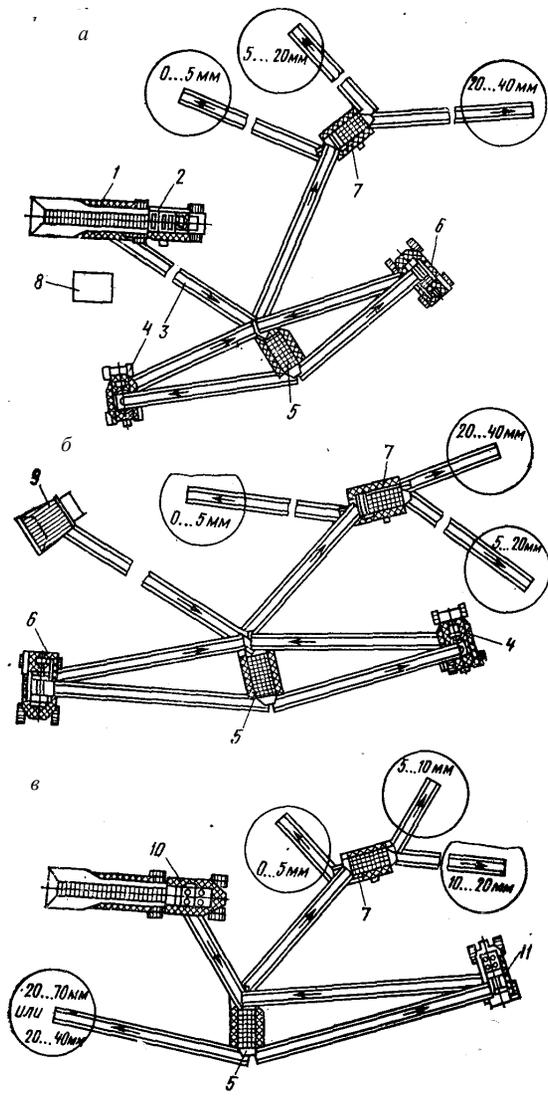


Рис. 2.5. Варианты компоновки агрегатов ПДСУ большой производительности

Верхний продукт нижнего сита перемещается в агрегат 4 мелкого дробления с конусной дробилкой и после измельчения также поступает на агрегат 5. Нижний продукт нижнего сита направляется на агрегат 7 с грохотом для окончательной сортировки.

При данной компоновке оборудования максимальная производительность ПДСУ – $65 \text{ м}^3/\text{ч}$, установленная мощность – 332,8 кВт, общая масса – 133 т. При необходимости получения щебня крупностью до 70 мм агрегат мелкого дробления заменяется вторым агрегатом среднего дробления или совсем исключается. При этом производительность ПДСУ увеличивается до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При разработке гравийно-песчаных месторождений (рис. 2.5, б) гравийно-песчаная масса поступает в бункер-питатель 8 и далее в агрегат 5 промежуточного грохочения. Песок и отходы гравия (фракция 0...5 мм) оттуда направляются на агрегат 7 окончательного грохочения, минуя агрегаты дробления. Крупные фракции гравия (более 40 мм) поступают в агрегаты среднего 6 и мелкого 4 дробления. Раздробленный материал из этих агрегатов вновь поступает в агрегат 5, где отделяется готовый продукт, а крупные куски направляются на додрабливание. Этим достигается замкнутый цикл дробления. Готовый продукт подается на агрегат 7 окончательного грохочения, где разделяется по фракциям. При данной схеме производительность ПДСУ равна приблизительно $200 \text{ м}^3/\text{ч}$, установочная мощность – 240,8 кВт, общая масса – 91,48 т.

Для переработки малоабразивных осадочных пород рекомендуется технологическая схема, изображенная на рис. 2.5, в. В нее помимо бункера-питателя, грохотов и конвейеров включены два агрегата с роторными дробилками для крупного 10 и среднего 11 дробления. Производительность ПДСУ – $70...100 \text{ м}^3/\text{ч}$ при крупности готового продукта до 40 и 70 мм соответственно, установочная мощность – 254,5 кВт, общая масса – 106,2 т.

Все агрегаты ПДСУ снабжены площадками для обслуживания и винтовыми домкратами, на которые они опираются при эксплуатации. Управление оборудованием дистанционное с общего пульта, смонтированного в кабине агрегата управления 8. Кабина снабжена кондиционером, обогревателями и осветителями и защищает оператора от воздействия шумов, пыли и вибрации.

2.7. Автоматизация дробильно-сортировочных предприятий

Дробильно-сортировочные предприятия представляют собой комплекс оборудования по переработке и транспортировке продукции, который действует без участия обслуживающего персонала, а только под его наблюдением, что позволяет автоматизировать технологический процесс. Автоматизация дробильно-сортировочных предприятий предусматривает автоматическую защиту технологического оборудования от аварийных режимов и режимов перегрузки, местное и централизованное автоматическое управление технологическим процессом, автоматический контроль за состоянием оборудования и санитарно-техническим состоянием рабочих помещений, а также автоматический учет поступающего сырья и отпущенного потребителям готового продукта по фракциям.

Управление автоматизированным дробильно-сортировочным предприятием осуществляется с центрального диспетчерского пульта и предусматривает три режима: дистанционный, автоматизированный местный и местный заблокированный. Первый режим управления является основным и осуществляется с центрального пульта; второй применяется при профилактических и ремонтных работах; третий – при наладке схем автоматизации. Последние два режима осуществляются с помощью аппаратуры, установленной непосредственно на машине. Пуск и отключение механизмов выполняются в последовательности, определяемой технологией производства, причем основной операции предшествуют вспомогательные: включение звуковой сигнализации, аспирационной системы и подачи воды. Нарушение принятой последовательности пуска и отключения механизмов может привести к авариям, поэтому предусматривается система блокировки механизмов, предотвращающая их повреждение.

Автоматический учет поступающего сырья и отгружаемой готовой продукции осуществляется с помощью автоматических весов, взвешивающих транспорт с исходным материалом и готовой продукцией (по фракциям). Автоматизация технологического процесса предприятия начинается с бункера для исходного сырья, который оборудуется датчиками уровня расположения материала. Верхний датчик ограничивает наибольшую высоту расположения материала, нижний – определяет минимальный слой материала, расположенного над питателем. При срабатывании нижнего датчика работа питателя прекращается, что сохраняет над ним минимальный слой материала, необходимый для предотвращения поломки питателя при разгрузке в бункер крупных кусков.

Автоматизация узлов крупного дробления, на которых установлены, как правило, щековые дробилки, предусматривает управление процессом загрузки дробилки, основанное на автоматическом измерении уровня загрузки камеры дробления, мощности, потребляемой электродвигателем, привода, и погонной нагрузки на ленточный конвейер, отводящий продукт дробления. При этом сигналы об отклонении от заданного режима работы передаются на систему, регулирующую скорость питателя. Кроме того, дробильные машины снабжаются автоматической системой защиты от попадания недробимых предметов, включающей в себя установку металлоискателей или электромагнитов. Для отключения электродвигателя дробилки при попадании в нее предметов из немагнитных металлов применяется установка токовых реле в схеме электропривода. Для предотвращения работы машин в аварийном режиме они снабжаются автоматическими устройствами для контроля работы системы смазки (наличие смазки в подшипниках и ее температура).

Автоматизация узлов среднего и мелкого дробления, где установлены конусные дробилки, предусматривает блокировочные связи с узлом крупного дробления и между собой, регулирование режима подачи в них материала, а также защиту от аварийных режимов. В некоторых случаях автоматизация узла предусматривает обеспечение заданного соотношения между отдельными фракциями измельчаемого продукта путем автоматического регулирования ширины разгрузочной щели.

Автоматизация узлов грохочения предусматривает контроль гранулометрического состава готового продукта путем проверки соотношения (весового) между отдельными фракциями. Обеспечение заданного соотношения между отдельными фракциями готового продукта является одним из основных условий экономической эффективности работы предприятия. Изменение зернового состава продуктов дробления может осуществляться путем анализа гранулометрического состава непрерывным или циклическим отбором проб или контролем на потоке. Автоматический контроль за гранулометрическим составом готового продукта осуществляется путем взвешивания или с помощью автоматических пробоотбирателей, которые конструируются в составе отсекающего устройства, привода и аппарата, регулирующего режим работы по отбору проб. Наиболее распространены ползунковые пробоотбиратели (скреперы), пересекающие поток материала на ленте.

На рис. 2.6 дана схема автоматизации технологического процесса сборно-разборной линии по производству нерудных материалов. Автоматосвалы с горной массой подъезжают к приемному бункеру, взвешивают

ваются на автоматических автомобильных весах (ААВ), суммирующих общую массу горной породы, которая перерабатывается за смену. Фиксация автосамосвала относительно приемного бункера осуществляется с помощью конечного выключателя, подающего звуковой или световой сигнал при достижении машиной заданного положения. Приемный бункер питателя 1 оборудован двумя датчиками уровня. При достижении исходным материалом верхнего уровня бункера включается красный сигнал светофора и машины на разгрузку не подаются до тех пор, пока уровень не понизится и не включится зеленый сигнал светофора. По достижении материалом нижнего уровня питатель останавливается и дальнейшая подача материала из бункера в головную дробилку 2 прекращается. В результате этого в бункере всегда остается определенный слой материала, предохраняющий пластины питателя от прямых ударов крупными кусками во время разгрузки автосамосвалов.

Пластинчатый питатель оборудован датчиком негабаритного исходного материала ДН, сигнал с которого после усиления усилителем У подается на исполнительный механизм, сбрасывающий негабарит с питателя в специальный бункер. Технологический пост первичного дробления оборудован устройством, регулирующим равномерную подачу материала в дробилку 2 путем изменения скорости движения питателя, а также его остановку и пуск. Питатель и конвейеры 3, 4, 8, 23, 16 и 18 снабжены датчиками скорости движения и тросовыми аварийными выключателями, обеспечивающими выключение и включение привода оборудования поточно-транспортной системы с любого места по всей ее длине.

При аварийном отключении одного из механизмов система централизованного автоматического управления отключает все стоящие выше по потоку механизмы. При этом дробилки отключаются только после освобождения камер дробления от материала. Для предотвращения попадания недробимых металлических предметов в машины последующих стадий дробления питатель 1 и конвейеры 3 и 8 оборудуются датчиками наличия металла ДЖ в горной массе, движущейся по транспортному устройству. Сигнал с датчиков ДЖ после усиления передается на мощный электромагнит ЭМ, который отделяет предмет от массы материала. При попадании в массу немагнитных металлических предметов привод конвейера (питателя) отключается датчиком металлоискателя; одновременно отключаются все стоящие выше по потоку механизмы. Работа дробилок 2, 6 и 7 контролируется температурными датчиками, установленными на втулках приводного вала машины. При повышении температуры подшипника выше допустимой (30 °С)

электрическое сопротивление термодатчика уменьшается и срабатывает тепловое реле, включающее в работу холодильное устройство системы жидкой смазки машины.

Оптимизация технологического процесса осуществляется путем обеспечения заданного соотношения между отдельными фракциями материала с помощью автоматического контроля за гранулометрическим составом продукта дробления. После дробления в роторных дробилках 6 и 7 (в зависимости от режима работы линии А или Б) материал поступает через конвейеры 8 и 12 на грохот 13. После грохочения материал разделяется на две фракции. Нижняя фракция направляется на рассев по конвейерам 23, 14 и 16 через грохоты 15 и 17 в бункера 22, оборудованные затворами 21, а верхняя – на додробливание через воронку 10, бункера 9 и грохоты 5. Отходы процесса дробления из грохота 17 через классификатор 19 поступают в бункер 20. Контроль за гранулометрическим составом готового продукта осуществляется датчиками ЛТ, расположенными на пути движения материала, сигналы с которых поступают через электроимпульсные счетчики ЭС на электропневматические преобразователи ЭП. Далее через линии задержки ЛЗ сигналы поступают в вычислительное устройство ВУ, куда ранее были введены данные требуемого гранулометрического состава готового продукта. К этому же устройству поступают сигналы от датчиков измерителей мощностей двигателя ИМД дробилок 6 или 7 (в зависимости от работы линии А или Б) и от оборудования агрегата первичного дробления в виде сигналов N и Q. Из вычислительного устройства ВУ команды управления поступают в электрорегулятор ЭР непосредственно и через блок защиты от помех БЗП. Далее эти команды через преобразователь ПЭ поступают в систему измерения положения отражательных плит роторных дробилок 6 и 7. По этим командам производится автоматическое регулирование угла наклона отражательных плит для изменения соотношений между отдельными фракциями готового продукта и введения САДЛ в режим оптимальной работы по заранее заданной программе.

Автоматизированный режим работы остальных агрегатов аналогичен описанному выше. Однако, учитывая технологическую связь всех агрегатов САДЛ, работающих в строгой последовательности, необходимо иметь общее вычислительное устройство ОВУ, расположенное на пульте управления всей технологической линии. ОВУ имеет заранее заданную программу по гранулометрическому составу готового продукта и расходу электроэнергии оборудованием САДЛ.

2.8. Особенности эксплуатации машин и оборудования на дробильно-сортировочных заводах и установках

При эксплуатации оборудования дробильно-сортировочных предприятий необходимо выполнять общие требования, относящиеся к любой строительной машине, а также некоторые специфические требования. К *общим требованиям* относятся ежемесячные осмотры машин, при которых особо тщательно проверяют: затяжку всех основных болтовых соединений; крепление подшипников, шкивов, фрикционных муфт и тормозов; наличие масла в системе смазки и смазочных устройствах; исправность концевых выключателей и стопорных устройств, а также состояние герметизирующих устройств всех каналов движения пылевыведяющих материалов. К *специфическим требованиям* относятся контроль за наличием у дробильных машин (кроме ККД) в дробящем пространстве измельчаемого материала, который следует удалить перед началом работы; равномерным поступлением в машины дробимого материала; крупностью поступающих кусков; качеством готового продукта; величиной зазоров разгрузочных отверстий дробильных машин.

У грохотов осуществляется контроль за натяжением сит. При недостаточном натяжении сита быстрее изнашиваются и ухудшается качество грохочения. Работа грохота при слабом натяжении или креплении сит запрещена. При работе моечного оборудования следят за количеством подаваемого материала и воды, чтобы, сохраняя заданную производительность, обеспечивать должную чистоту промывки материала. Удельный расход воды составляет $1...6 \text{ м}^3/\text{т}$ материала.

2.9. Техника безопасности при работе на дробильно-сортировочных заводах и установках

Во время работы оборудования нельзя чистить рабочие поверхности машин, открывать смотровые люки, производить регулировочные операции. Останавливать машину можно только после прекращения подачи в нее материала, переработки в ней оставшегося материала и освобождения от него рабочего органа машины. После остановки машины ее наружные части очищают от пыли и грязи, проверяют состояние узлов, системы смазки, привода.

Главными опасностями для здоровья обслуживающего персонала дробильно-сортировочных предприятий являются повышенная запыленность воздуха, производственные шумы, вибрация и поражение

электрическим током. По действующим санитарным нормам запыленность воздуха на рабочих местах не должна превышать 10 мг/м^3 , а при наличии в пыли более 10 % диоксида кремния норма снижается до 2 мг/м^3 .

Основными источниками пылевыведения на предприятиях переработки каменных материалов являются загрузочные и разгрузочные отверстия дробилок, а также просеивающая поверхность виброгрохотов. Для снижения содержания пыли в воздухе существуют укрытия для дробилок и грохотов, которые представляют собой специальные короба из листовой стали с аспирационным отсосом. Кроме того, применяют различные системы вентиляции (естественная или принудительная) производственных помещений или их обеспыливание гидравлическими брызгальными устройствами.

Постоянно действующие производственные шумы отрицательно влияют на центральную нервную систему человека и вызывают снижение слуха и быструю утомляемость обслуживающего персонала. Уменьшения производственных шумов достигают технологическими и конструктивными мероприятиями, направленными на ослабление шума в источнике его возникновения (замена ударных режимов работы безударными, применение звукопоглощающих материалов для отдельных элементов машины и др.), а также установкой звукопоглощающих кожухов машин. Такие кожухи изготавливают из стальных листов с внутренней облицовкой из войлока, пенополиуретана или шлаковаты и устанавливают на виброизолирующие прокладки из асбеста, войлока или резины.

Для защиты обслуживающего персонала от вибрационных нагрузок осуществляют следующие мероприятия: по возможности исключают в конструкциях машин ударное взаимодействие деталей, заменяют возвратно-поступательное движение деталей вращательным, исключают резонансные явления во время работы, планируют минимальные допуски в сочленениях деталей, исключают неуравновешенность деталей. Ограничение распространения действующих вибронагрузок достигается установкой амортизаторов, прокладок и облицовок из вибропоглощающих материалов и различных типов гасителей колебаний.

Электробезопасность обслуживающего персонала обеспечивается следующими мероприятиями: применением при осмотре и текущем ремонте машин осветительной аппаратуры и ручных машин напряжением 36 В и ниже; использованием улучшенной изоляции проводов, находящихся под напряжением; ограждением и созданием условий недоступности к электрооборудованию и токоведущим сетям; уста-

новой защитной аппаратуры (автоматических выключателей, реле напряжения), заземлением элементов электроустановки и установкой предупредительных надписей.

Наиболее универсальным мероприятием, улучшающим условия труда обслуживающего персонала, является автоматизация процессов переработки нерудных каменных материалов.

Лабораторная работа № 3. ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ГЛУБИННЫЕ ВИБРАТОРЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

3.1. Цель работы

1. Изучить техническую характеристику машин и оборудования для уплотнения бетонных смесей.
2. Изучить устройство, работу и регулировки машин и оборудования для уплотнения бетонных смесей.
3. Ознакомиться с возможными неисправностями машин и оборудования для уплотнения бетонных смесей и способами их устранения.
4. Ознакомиться с правилами техники безопасности во время эксплуатации и при техническом обслуживании машин для уплотнения бетонных смесей.

3.2. Оснащение и учебно-наглядные пособия

1. Учебные плакаты по изучению конструкций машин и оборудования для уплотнения бетонных смесей.
2. Технические средства обучения.

3.3. Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию и принцип работы машин и оборудования для уплотнения бетонных смесей.
2. Изучить особенности эксплуатации машин и оборудования для уплотнения бетонных смесей.
3. Изучить технику безопасности при эксплуатации и техническом обслуживании машин для уплотнения бетонных смесей.

3.4. Основные способы уплотнения бетонных смесей

Процесс формирования заключается в придании сырьевым смесям соответствующих форм, плотности и прочности, необходимых для последующих операций изготовления изделий. При формировании железобетонных изделий и конструкций применяют различные способы уплотнения бетонной смеси: **прессование** – воздействие на бетонную смесь значительных давлений; **центрифугирование** – воздействие на бетонную смесь центробежной силы при производстве трубчатых изделий; **вакуумирование** – отсос из бетонной смеси избыточной воды и воздуха; **вибрирование** – воздействие на бетонную смесь колебательных движений.

Наиболее распространен последний способ уплотнения. Сочетание вибрации с другими способами значительно повышает эффективность процесса уплотнения бетонной смеси. Так, сочетание вибрации с прессованием – виброштампование – используется при производстве сборного железобетона, сочетание вибрации с вакуумированием – вибровакуумирование – широко используется при возведении монолитных конструкций, а также при производстве отдельных типов железобетонных изделий.

Для каждого состава бетона существуют минимальная и предельная скорости колебаний.

Некоторые значения предельных скоростей колебаний для различных бетонов приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Предельные скорости колебаний для бетонов

Частота Колебаний, мин	Скорость колебаний, см/с, для бетонов							
	на гравии			на щебне			на шлаке	
	При подвижности смеси, см							
	0	3	6	0	3	6	0	0,5
2000	7	5	3	15	9	3	32	15
3000	15	12	10	20	12	5	40	20
6000	25	20	15	30	15	10	50	25

Эффективность уплотнения бетонной смеси зависит от размещения виброизлучающей поверхности. При размещении вибратора сверху на смеси уплотнение называют поверхностным. Если вибратор помещен в массив смеси, то уплотнение называют глубинным; если колебания смеси передаются через колеблющуюся форму – объемным.

В процессе уплотнения смесь разрушается и в конце его переходит в двухфазную систему (твердая + жидкая фазы) при содержании в ней воздуха не более 2...3 %. В результате процесса виброуплотнения тело бетона (железобетона) получает однородную плотную структуру, что обеспечивает готовым железобетонным изделиям заданные физико-механические показатели.

Рационально выбранный режим вибрирования должен оптимизировать динамическую систему, т. е. обеспечить такое ее состояние, при котором будет наименьший уровень реологических сопротивлений и энергозатрат.

3.5. Поверхностные вибраторы

Конструкции вибраторов. Для уплотнения бетонных смесей средней подвижности толщиной до 200 мм при сооружении покрытий и в дорожном строительстве применяют площадочные вибраторы и виброрейки. Площадочный вибратор (рис. 3.1, а) представляет собой стальную плиту, на которой закреплен вибровозбудитель. На виброрейке (рис. 3.1, в), имеющей более удлиненное основание, можно устанавливать несколько вибровозбудителей, соединенных валами. Для уплотнения смесей на вибропрокатных станах и при стендовом способе производства используют вибронасадки (рис. 3.1, б). Эти устройства сочетают два способа уплотнения – поверхностный и объемный. Смесь в вибрируемом бункере 2 подвергается объемному уплотнению и в таком виде в состоянии текучести поступает под заглаживающую часть вибронасадки 1, где осуществляется поверхностное уплотнение. Вибронасадка приводится в колебания вибровозбудителем общего назначения.

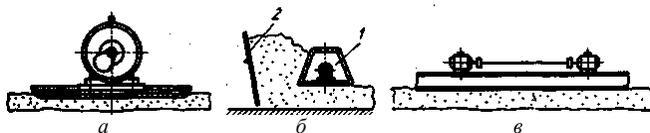


Рис. 3.1. Схемы машин для поверхностного уплотнения бетонных смесей:
а – площадочный вибратор; б – вибронасадка; в – виброрейка

Классификация вибраторов. По роду движущей энергии вибраторы делятся на электрические, пневматические, гидравлические и моторные (с двигателем внутреннего сгорания).

Существуют два принципиальных типа вибрационных механизмов – возбудителей колебаний: эксцентриковый, в котором колебания создаются вращением неуравновешенной массы, и механизмы, в которых колебания создаются возвратно-поступательным движением некоторой массы. По способу передачи колебаний вибрируемой среде вибраторы подразделяются на наружные, внутренние и станковые (виброплощадки). Электрические вибраторы, в свою очередь, подразделяются на электромеханические, в которых двигатель вращает неуравновешенную массу, и электромагнитные, в которых магнитные силы создают возвратно-поступательное перемещение ярма вибратора.

Пневматические и гидравлические вибраторы с эксцентриковыми механизмами отличаются от электрических вибраторов тем, что в них вместо электродвигателей применяется пневматическая или гидравлическая турбина. Существуют также пневматические вибраторы, в которых под действием сжатого воздуха перемещается возвратно-поступательно специальный ударник. По форме генерируемых колебаний вибраторы делятся на вибровозбудители с круговыми или эллиптическими колебаниями (рис. 3.2, *а* и *б*) и направленными колебаниями, возбуждаемыми либо двухвальными механизмами (рис. 3.2, *в*), либо механизмами с маятниковой подвеской.

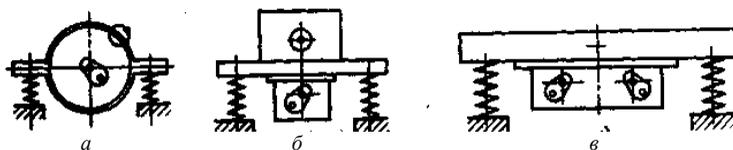


Рис. 3.2. Схемы механических генераторов колебаний:
а – круговых; *б* – эллиптических; *в* – направленных прямолинейных

На рис. 3.3 приведены основные схемы вибраторов, сгруппированные по способу передачи колебаний вибрируемой среде.

Тисковый вибратор представляет собой фланцевый электродвигатель, на валу которого установлен дебаланс. Вибратор снабжен тисковым устройством, при помощи которого он крепится к опалубке или форме.

Бункерный также представляет собой мотор-вибратор, который используется для различных целей и, в частности, как побудитель при разгрузке материалов из каких-либо емкостей.

Станковые виброплощадки также передают колебания бетону через форму. Конструктивно виброплощадки представляют собой виб-

рируемый элемент (раму), опирающийся через амортизаторы на основание. На подвижной раме устанавливается вибромеханизм (эксцентрикковый, электромагнитный), который приводит ее в колебания.

Вторая группа вибраторов передает колебания массе бетона через ее поверхность. Эти вибраторы применяются для бетонирования дорожных покрытий и других конструкций, выполняемых в монолите.

По форме опорной поверхности они делятся на *площадочные*, в которых мотор-вибратор прикреплен к основанию, имеющему в плане форму прямоугольника, и *виброрейки*, в которых вибратор крепится на удлиненной балке. Перемещение вибратора в процессе работы по бетонируемой поверхности производится вручную с помощью тросиков. К этой же группе относится вибратор, предназначенный для *погружения буттового камня* в свежесуложенный бетон. Вибратор состоит из двигателя, расположенного в верхней части, и эксцентрикового механизма, вмонтированного в решетчатую плиту – основание. Двигатель вертикальным валом соединен с вибромеханизмом. К верхней части вибратора на тросах подвешен пакет пригрузочных колец. Вибратор переносится и поддерживается во время работы краном.

Внутренние вибраторы применяются для уплотнения бетона в монолитных конструкциях фундаментов, стен, колонн и других сооружений. По уплотняющему действию они весьма эффективны.

Глубинные вибраторы применяются для бетонирования густоармированных конструкций и в стесненных местах. Они подразделяются на два типа: вибробулавы и вибраторы с гибким валом.

Вибробулава представляет собой цилиндрический корпус, в который встроены электродвигатель с вибромеханизмом. Двигатель получает питание частотой тока 200 Гц и напряжением 36 В.

Виброблок снабжен трубчатой штангой, к которой крепятся рукоятки. Штанга соединяется с вибратором через резиновые амортизаторы, которые смягчают колебания, передаваемые на руки рабочего.

Вибратор с *гибким валом* применяется для уплотнения бетонов в густоармированных конструкциях. Он состоит из моторной головки и вибронаконечника, соединенных гибким валом. Вибронаконечник представляет собой отрезок трубы, закрытой фланцами, в которой установлен эксцентриковый валик.

Крановые вибраторы, представляющие собой одиночный мощный вибратор или пакет вибраторов, смонтированный из нескольких внутренних вибраторов, применяются для уплотнения бетона в крупных массивных сооружениях.

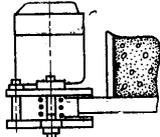
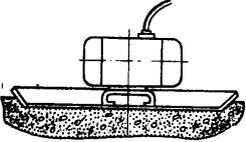
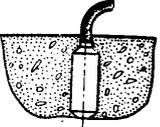
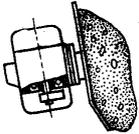
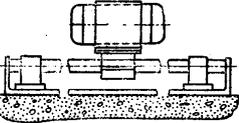
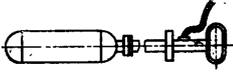
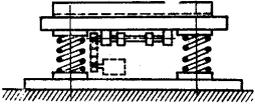
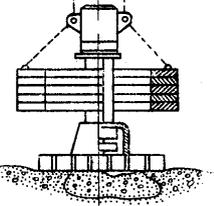
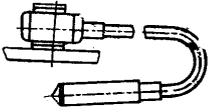
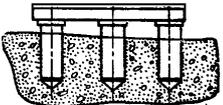
Наружные вибраторы				Внутренние вибраторы	
с передачей колебаний через опалубку (форму)		поверхностные		наименование	схема
наименование	схема	наименование	схема		
Тисковый		Площадочный		Глубинный	
Бункерный		Виброрейка		Вибробулава	
Станковый (виброплощадка)		Вибратор для погружения камней		С гибким валом	
				Крановый	

Рис. 3.3. Основные схемы вибраторов

3.6. Конструкции основных типов механизмов

Эксцентриковый вибрационный механизм может быть выполнен как одно целое с электродвигателем (мотор-вибратор) или отдельно от двигателя, когда дебалансный вал смонтирован на самостоятельных подшипниках.

Эксцентриковый мотор-вибратор, изображенный на рис. 3.4, имеет выдвижные пружинные дебалансы 3, установленные на валу ротора 2. Вал вращается в подшипниках 9, установленных в щитах 5. Щиты 5 и крышки 4 скреплены с корпусом 7 стяжными шпильками 1. Электроток подается по кабелю 8 и клеммовой колодке 6.

Выдвижная конструкция дебалансов позволяет устранить резонансные явления в период пуска и остановки вибратора. В первоначальный период работы дебалансы пружинами смещены по направлению к валу и радиус неуравновешенной массы будет минимальным; при этом будет наименьшей и величина возмущающей силы. По достижении валом определенных оборотов центробежная сила преодолевает силу сжатия пружин и дебалансы автоматически выдвигаются, увеличивая возмущающую силу до расчетной величины.

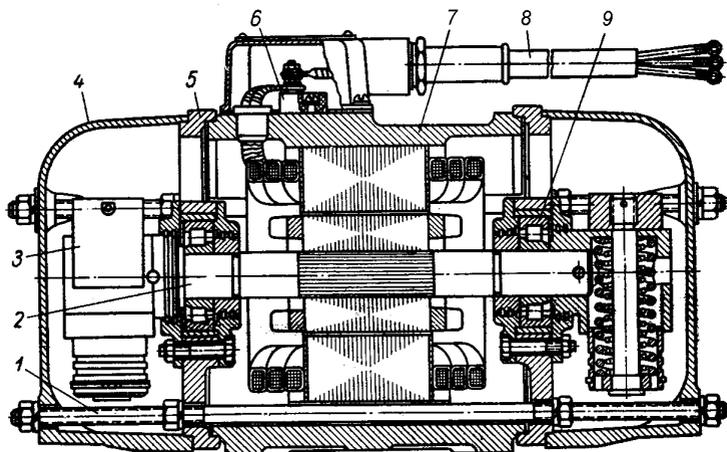


Рис. 3.4. Эксцентриковый вибратор с выдвижными дебалансами

Маятниковый вибратор с направленными колебаниями (рис. 3.5) состоит из однофазного вибровозбудителя 2 с круговыми колебаниями, представляющего собой асинхронный электродвигатель, на консольных частях вала которого установлены дебалансы, и маятниковой приставки. Подшипниковые щитки вибровозбудителя имеют проушины, при помощи которых он крепится на оси 5 к основанию. Ось 5 установлена на подшипниках 3 в корпусе 1 маятниковой приставки. На консолях оси на шпонках насажены резинометаллические втулки 4. Наружная обойма втулок болтами прикреплена к корпусу 1. Средняя часть оси 5 клеммовым соединением закреплена на опоре 6, снабженной крепежными лапами. Такая конструкция позволяет устанавливать вибратор под различными углами к горизонту при помощи клеммового соединения. Маятниковый вибровозбудитель генерирует направленные колебания лишь в том случае, когда ось его дебалансного вала находится в центре качания (удара) маятника, а упругие и диссипативные связи маятника с рабочим органом равны нулю (рис. 3.5, б). Если оба условия выдержаны, то реакция в шарнире O , перпендикулярная OO_1 , равна нулю и, таким образом, на рабочий орган передаются направленные колебания вдоль прямой OO_1 .

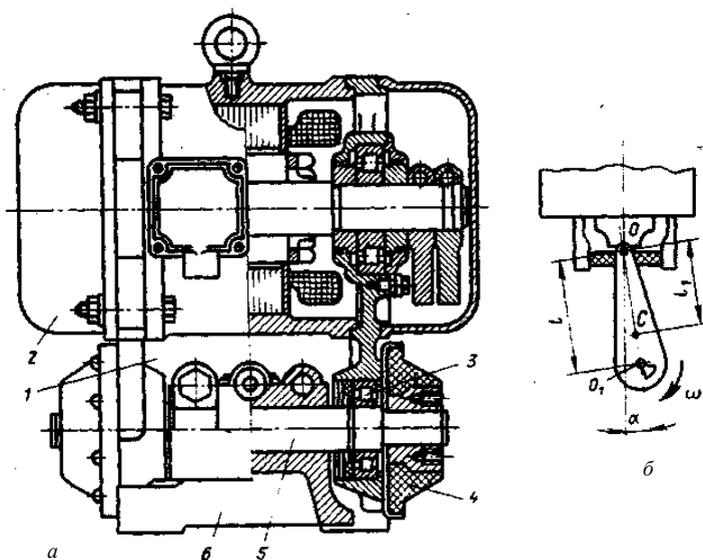


Рис. 3.5. Маятниковый вибратор: а – конструкция; б – принципиальная схема

Конструкция вибратора общего назначения с круговыми колебаниями аналогична рассмотренной выше, т. е. тот же вибровозбудитель устанавливается не на маятниковой приставке, а жестко крепится непосредственно к рабочему органу.

Двухвальный вибратор с направленными колебаниями (рис. 3.6) конструктивно представляет собой блок спаренных одновальных вибровозбудителей, валы которых расположены параллельно друг другу и вращаются противофазно с одинаковой угловой скоростью.

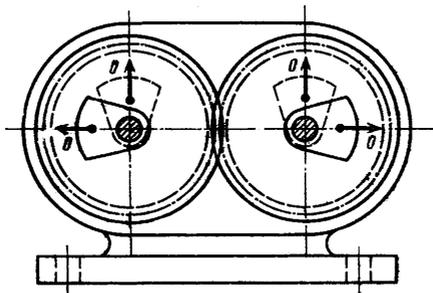


Рис. 3.6. Двухвальный вибратор с направленными колебаниями

В горизонтальной плоскости возмущающие силы взаимно уравновешиваются, а в вертикальной суммируются, что и создает направленные колебания.

В вибротранспортирующих машинах (питателях) и для побуждения материалов в бункерах, течках и др. применяют электромагнитные вибровозбудители, позволяющие плавно регулировать амплитуду колебаний. Однако эти вибровозбудители хотя и отличаются большей надежностью, но по сравнению с центробежными имеют большие массу и габаритные размеры, так как не способны развивать большие вынуждающие силы из-за потерь энергии в воздушном зазоре системы.

По принципу действия электромагнитные вибровозбудители разделяют на одно- и двухтактные.

Однотактный вибровозбудитель (рис. 3.7, а) имеет электромагнит 3, прикрепленный к якорю 1, который в момент прохождения в обмотке электромагнита пульсирующего тока притягивается к накопальне 4 корпуса 5, соединенного жестко с рабочим органом 6. Обратный ход якоря совершается под действием упругой силы пружин 2.

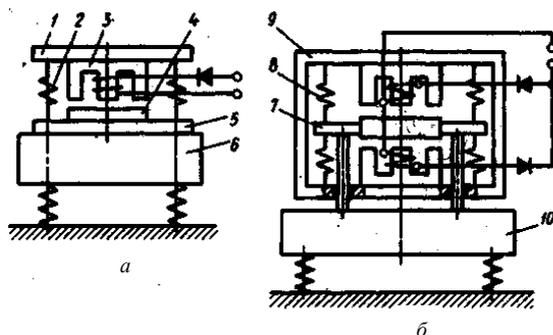


Рис. 3.7. Схема электромагнитных вибровозбудителей:
а – однотактного; *б* – двухтактного

Двухтактные вибровозбудители (рис. 3.7, *б*) снабжены двумя электромагнитами, которые поочередно притягивают якорную 9 и корпусную 7 части то в одну, то в другую сторону. Корпусная часть жестко крепится к рабочему органу 10. Упругие элементы 5 служат для обеспечения резонансной настройки вибровозбудителя. При питании электромагнита непосредственно от сети однофазного переменного тока за один период тока якорь и корпус притягиваются друг к другу дважды (на каждой полуволне синусоидального тока). Таким образом, частота механических колебаний равна удвоенной частоте тока. При питании магнита через диод в катушке проходит лишь одна полуволна переменного тока и частота колебаний вибровозбудителя равна частоте тока.

Плавная регулировка амплитуды колебаний электромагнитных вибровозбудителей осуществляется изменением эффективного значения тока, протекающего в обмотке магнита, при питании последней через специальные блоки на основе управляемых диодов (тириستоров).

На рис. 3.8 представлена схема двухчастотного вибратора с изменяющейся за каждый оборот высокой частотой колебания. Низкая частота ω_1 постоянна и равна числу оборотов вала 1. Высокая частота ω_2 создается при вращении неуравновешенного валика 2 за счет обкатки его роликов 3 по дорожкам катания 4. Если эксцентриситет $e = 0$, то радиус водила r_v будет постоянным и равным радиусу дорожки катания R . В этом случае вибратор превращается в обычный двухчастотный с постоянной высокой частотой.

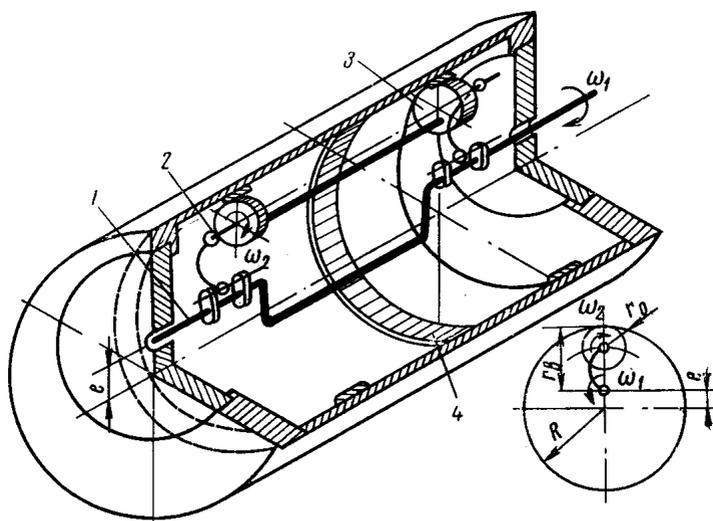


Рис. 3.8. Двухчастотный вибратор

При наличии эксцентриситета e радиус r_v будет изменяться в течение каждого оборота от максимума до минимума. Так как $r_v = f(\sin \omega t)$, то и высокая частота также будет изменяться по синусоидальному закону.

3.7. Глубинные вибровозбудители для уплотнения бетонной смеси

Глубинные вибровозбудители широко применяются для уплотнения бетонных смесей при сооружении монолитных железобетонных конструкций, а также при изготовлении крупногабаритных изделий сборного железобетона.

Независимо от типа привода глубинные вибровозбудители делятся на дебалансные и планетарные, генерирующие круговую вынуждающую силу. Двигатель может быть встроенным или вынесенным. В зависимости от вида привода глубинные вибровозбудители бывают электрические с приводом от трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и пневматические.

По способу использования глубинные вибровозбудители можно разделить на ручные, масса которых не должна превышать 25 кг, и

подвесные (крановые) в виде пакетов вибраторов на специальной траверсе. Ручные вибровозбудители применяются для уплотнения бетонной смеси в стесненных условиях, а также в насыщенных арматурой и тонкостенных конструкциях. Однако ручные вибровозбудители не всегда могут обеспечить необходимые темпы и объемы бетонирования, а также качества уплотнения бетонной смеси. Кроме того, работа с ручным вибровозбудителем требует значительных затрат физического труда. Поэтому при возведении гидротехнических и других крупных сооружений применяются мощные вибровозбудители, подвешенные на самоходные краны или тракторы в виде вибропакетов. Крановый способ уплотнения бетонной смеси широко применяют в промышленном и гражданском строительстве, так как он позволяет вести укладку бетонной смеси толщиной 1...1,5 м и повышает производительность труда более чем в 3 раза.

Ручные электрические глубинные вибровозбудители по расположению двигателя разделяются на три вида: 1) с внешним вынесенным двигателем, передающим вращение через гибкий вал; 2) с двигателем, пристроенным в верхней части корпуса вибровозбудителя; 3) со встроенным в корпус двигателем. Подвесные вибровозбудители выполняются с выносным электродвигателем, соединенным с рабочим вибронаконечником жестким валом. Вибровозбудители с вынесенным двигателем и гибким валом применяют для уплотнения бетона в небольших массивах монолитных густоармированных конструкций. Вибровозбудители чаще всего выполняются фрикционно-планетарного типа (рис. 3.9, а). Вибровозбудители 1 имеют гибкий вал 3 и электродвигатель 2. Работают они при напряжении 36 В. Мощность привода равна 1...1,5 кВт и частота колебаний – 166...332 Гц. К недостаткам относятся ограниченная длина гибкого вала (не более 5 м), что не позволяет использовать их в конструкциях большой высоты.

Ручные вибровозбудители со встроенным двигателем (рис. 3.9, б) представляют собой закрытый цилиндрический корпус 1, внутрь которого встроен электродвигатель 4 и дебалансный вибровозбудитель 2. Колебания создаются в результате быстрого вращения неуравновешенного элемента (дебаланса), укрепленного на дебалансном валу 5 между подшипниками качения 3. Ротор электродвигателя находится на консольном продолжении дебалансного вала, вследствие чего вибраторы этого типа часто называют консольными. Статор электродвигателя 4 запрессован непосредственно в рабочую часть корпуса вибратора. К верхней части корпуса приварена штанга с рукояткой 6. Штан-

га состоит из двух частей, соединенных между собой резиновым амортизатором 7, благодаря которому осуществляется гашение колебаний в рукоятке.

Жидкое масло, заливаемое в вибратор, находится в нижней части корпуса вибратора. При вращении дебалансного вала масло засасывается через коническую насадку и подается вверх по центральному сверлению в дебалансном валу. Поступающее вверх по каналу масло попадает к подшипникам через радиальные отверстия в дебалансном валу. Смазывая и равномерно охлаждая подшипники, масло сливается в нижнюю часть корпуса. Применение жидкой циркуляционной смазки устраняет недостатки, создаваемые использованием консистентной смазки, и значительно увеличивает срок службы подшипников, обеспечивая надежную и долговечную работу вибратора.

Возбудители со встроенным электродвигателем отличаются высокой надежностью и вибробезопасностью. Они работают при напряжении 36 В, при мощности привода 0,8...1,5 кВт. Для их комплектации необходимы преобразователи частоты тока, что ограничивает их применение. Такие вибровозбудители выпускаются обычно дебалансного типа, поэтому частота их колебаний ограничена пределами 95...183 Гц. Высокая частота колебаний и возможность ее регулирования достигаются в планетарных пневматических возбудителях, где колебания создаются тяжелым элементом – бегунком, планетарно обкатывающимся по беговой дорожке, закрепленной в корпусе вибратора.

На рис. 3.9, *в* показана конструкция планетарного вибронаконечника с внешней обкаткой бегунка 1. На рис. 3.9, *г* представлена конструкция планетарного вибронаконечника 1 с внутренней обкаткой бегунка.

В обеих конструкциях вибронаконечников крутящий момент от электродвигателя передается шпинделю 5 через гибкий вал 3 с помощью кулачковой муфты, допускающей только правое вращение, что предохраняет гибкий вал от раскручивания. Далее от шпинделя крутящий момент передается через резинометаллическую муфту 4 бегунку 2.

Разновидностью глубинных вибровозбудителей являются ротационные (рис. 3.9, *д*), которые приводятся в действие ротационным пневмодвигателем 5, составляющим одно целое с бегунком, и перемещаются в цилиндрическом корпусе 1. По внутреннему шлангу 3 подводится сжатый воздух, а по наружному 2 отводится отработанный воздух. Сжатый воздух попадает в рабочую камеру 11 и выбрасывается через выхлопную камеру 10. Пуск и остановка машины осуществляются краном 4.

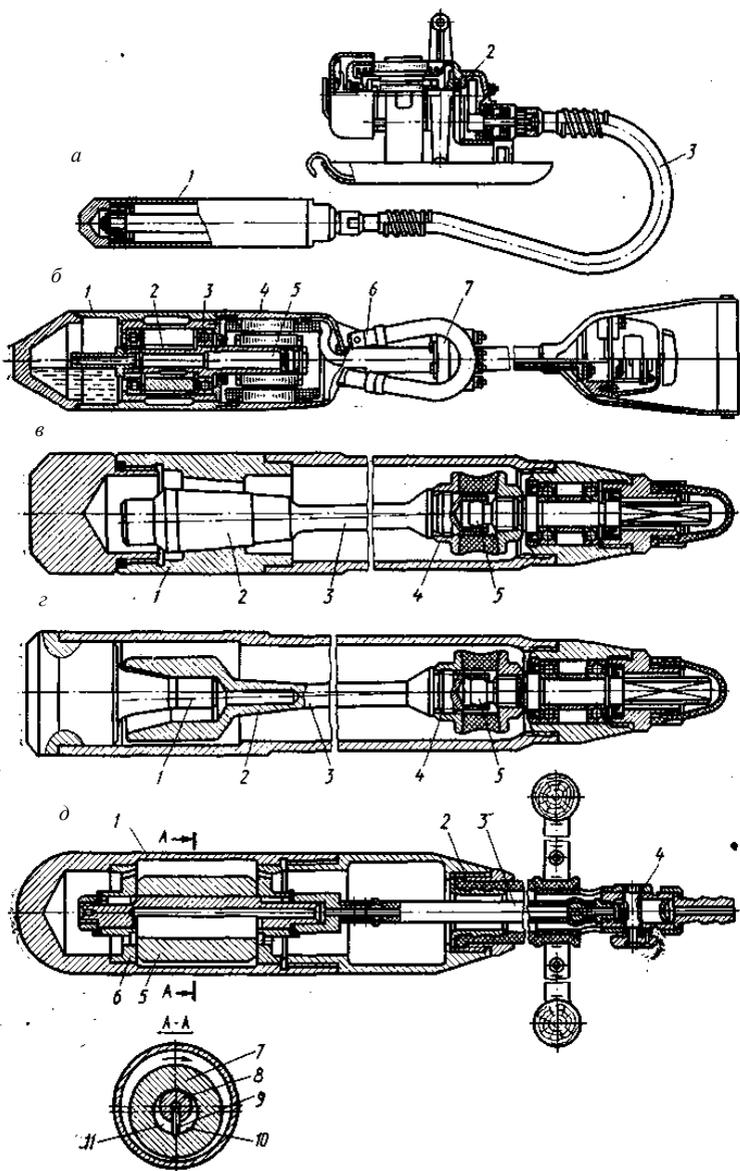


Рис. 3.9. Конструкции глубинных вибровозбудителей

Статор в виде полой оси 8 с одной лопаткой 9 стоит неподвижно, а ротор (бегунок) 7 планетарно обкатывается вокруг статора. С торцов пневмодвигатель закрыт крышками 6 с отверстиями для выпуска воздуха.

В планетарных пневмовибраторах конструкция двигателя органично увязана с конструкцией вибровозбудителя. Они отличаются компактностью, малой массой, простотой обслуживания, высокой надежностью в работе, взрыво- и электробезопасностью. Вибровозбудители работают под давлением сжатого воздуха 0,4...0,6 МПа, имеют двойную частоту: низкую – 25...60 Гц и высокую – 130...300 Гц. Планетарные вибровозбудители применяются для уплотнения бетонной смеси при укладке ее в монолитные железобетонные и бетонные конструкции с различной степенью армирования.

С целью исключения непосредственного контакта оператора с вибратором применяются подвесные глубинные вибраторы. На рис. 3.10, *а* приведена схема подвесного вибратора планетарного типа с внутренней обкаткой бегунка 3. Этот вибратор имеет вынесенный электродвигатель 1, прифланцованный к верхней части корпуса через эластичный амортизатор 2. Вибратор может шарнирно подвешиваться на специальные подвижные кран-балки или на траверсу самоходных электровиброукладочных машин.

Наибольший эффект в повышении производительности труда, осуществлении комплексной механизации процессов и улучшении качества работ при уплотнении бетона в крупногабаритных сооружениях дает пакетирование подвесных вибраторов (до 15 вибраторов в пакете). Конструктивные схемы подвесных вибраторов приведены на рис. 3.10, *б* (из четырех вибраторов) и на рис. 3.10, *в* (из трех вибраторов).

Пакет вибраторов состоит из рамы 1, вибраторов 2 и кронштейна для подвески пакета 3. На раме пакета помещена распределительная коробка, к которой подключаются отдельные вибраторы и защитное устройство, предохраняющее оператора от поражения током. Тип и размеры пакета зависят от габаритов бетонируемой конструкции и применяемого способа механизации. В промышленном и гражданском строительстве применяют пакеты-гребенки, в которых вибровозбудители устанавливаются в один ряд. При работе вибровозбудителей в пакете происходит сложение их колебаний с периодическим ростом и уменьшением слагаемых амплитуд колебаний, т. е. проявлением биения. Это обстоятельство позволяет увеличивать расстояние между

вибровозбудителями в пакете или уменьшать время уплотнения бетонной смеси, что в обоих случаях повышает производительность процесса уплотнения.

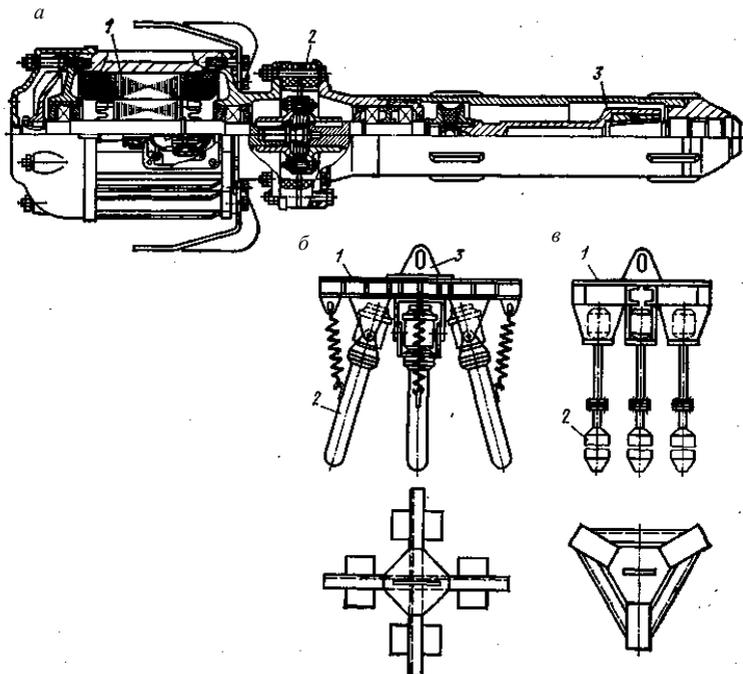


Рис. 3.10. Подвесной вибратор

При строительстве объектов с большим и сосредоточенным объемом бетонных работ в труднодоступных местах применяются плоскостные виброуплотнители (рис. 3.11). Этот тип глубинного вибратора отличается большим радиусом действия. Рабочей частью плоскостного виброуплотнителя служит вертикально расположенная плита 1. На ней смонтировано два дебалансных вибровозбудителя 2, вращающихся в противоположные стороны и генерирующих направленные к плите колебания, передаваемые от плиты в бетонную смесь. Интенсивность колебаний плоскостных вибраторов выше, чем у вибровозбудителей с цилиндрической рабочей частью, так как практически исключено об-

текание рабочей части бетонной смесью, а ширина плиты больше длины упругой волны в бетонной смеси. Дальность действия плоскостного виброуплотнителя достигает 1,5...2,5 м для бетонной смеси с осадкой конуса 3...5 см.

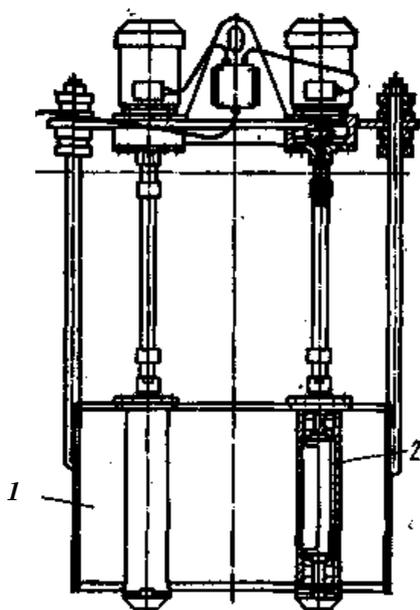


Рис. 3.11. Плоскостной виброуплотнитель

Применение таких виброуплотнителей позволяет сократить трудоемкость и стоимость выполняемых работ.

3.8. Особенности эксплуатации и техники безопасности при работе вибраторов

Вибрационные механизмы работают в тяжелых режимах, обусловленных самой спецификой их рабочего процесса: быстрходность, вибрация и т. п. Особенно тяжело нагруженными элементами являются подшипниковые узлы, опорные пружины, дебалансные валики. Поэтому при эксплуатации вибраторов необходимо следить за состояни-

ем подшипников, регулярно проверять их нагрев, производить смазку и регулировку. Особое внимание нужно уделять состоянию крепежных деталей и соединений, так как из-за вибрации они могут выходить из строя или ослабевать.

В вибраторах с регулируемым эксцентриситетом дебалансов необходимо проверять их положение и крепление, а при регулировках не допускать увеличения их момента более максимальных значений.

При работе с ручными вибраторами необходимо выполнять требования защиты от поражения электротоком, следить за состоянием сети, кабелей и электроарматуры. Если не применять специальных мер защиты, то вибрация весьма негативно отражается на здоровье человека. При конструировании вибрационных машин должны быть предусмотрены такие решения их элементов, с которыми соприкасается рабочий, чтобы их частоты и амплитуды не превышали нормативных величин, допускаемых санитарной инспекцией. В стационарных условиях должна предусматриваться специальная защита рабочих мест от вибрации.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Машины и оборудование для сортировки строительных материалов	3
Лабораторная работа № 2. Дробильно-сортировочные заводы и установки	34
Лабораторная работа № 3. Поверхностные и глубинные вибраторы для уплотнения бетонных смесей.....	58